7

DE L'OZONE.

2e SÉRIE.
N° 369.

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT

LE LUNDI 19 MAI 1856, A TROIS HEURES,

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE.

PAR

E. BOECKEL,

DE STRASBOURG,

ANCIEN AIDE DE CHIMIE, ANCIEN INTERNE LAURÉAT (MÉDAILLE D'OR 1853), PROSECTEUR DE LA FACULTÉ.

STRASBOURG,

IMPRIMERIE DE G. SILBERMANN, PLACE SAINT-THOMAS, 5.

1856.

A MON PÈRE

LE DOCTEUR TH. BŒCKEL.

A MONSIEUR SCHŒNBEIN,

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'UNIVERSITÉ DE BALE.

E. Bœckel.

A MES MAÎTRES.

Leur élève reconnaissant,

E. Bœckel.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG.

PROFESSEURS.

MM	Coze	Doyen.
	Ehrmann	Anatomie et anatomie pathologique.
	Coze	Matière médicale et pharmacie.
	Fée	Botanique et histoire naturelle médicale.
	Stoltz	Accouchements et clinique d'accouchements.
	Forget	Pathologie et clinique médicales.
	Cailliot	Chimie médicale et toxicologie.
	Rameaux	Physique médicale et hygiène.
	G. Tourdes	Médecine légale et clinique des maladies des enfants.
	Sédillot	Pathologie et clinique chirurgicales.
	Rigaud	Pathologie et clinique chirurgicales.
	N.	Médecine opératoire.
	Schützenberger	Pathologie et clinique médicales.
	Stoeber	Pathologie et thérapeutique générales, et clinique ophthalmologique.
	Küss	Physiologie et clinique des maladies syphilitiques.

M. Bégin, professeur honoraire.

AGRÉGÉS EN EXERCICE.

MM. Strohl.
Hirtz.
Held.
Joyeux.
Kirschleger.
Michel.
Wieger.
L. Coze.
Dagonet.
Herrgott.
Koeberlé.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE.

MM. Cailliot, président.
Rameaux.
Herrgott.
Koeberlé.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ni les approuver ni les improuver.

DE L'OZONE.

INTRODUCTION.

De tout temps, les médecins ont recherché avec ardeur les causes des maladies, dans l'espoir de les guérir ou de les prévenir. Les hommes les plus éminents dans notre art, les HIPPOCRATE, les SYDENHAM, les STOLL, etc., se sont livrés à ce genre d'étude, et leurs écrits nous prouvent avec quelle sagacité ils ont poursuivi leurs recherches.

Cependant tous leurs efforts ont été inutiles ou a peu près: le froid et le chaud, le sec et l'humide, quelques vagues notions sur les miasmes forment encore aujourd'hui, comme il y a deux mille ans, la base de l'étiologie générale.

C'est en vain que la chimie et la physique ont fait des progrès immenses, c'est en vain que le microscope est venu augmenter nos moyens d'investigation, l'étiologie s'est enrichie de beaucoup d'hypothèses, mais de peu de résultats positifs. Aussi, sous ce rapport, le découragement et le doute ont-ils gagné un grand nombre de médecins de nos jours. Pour eux, l'étiologie est une science conjecturale, dont on ne retire aucun profit au lit du malade et à laquelle on doit préférer l'étude plus immédiatement fructueuse du diagnostic et de l'anatomie pathologique. Cette proposition n'est en général que trop vraie; mais l'étiologie, n'eût-elle même aucune importance au point de vue thérapeutique, en a toujours une très-grande au point de vue de l'hygiène et de la prophylaxie, et ses problèmes méritent certainement d'attirer l'attention.

Il y a quelques années, un savant chimiste de Bâle, dont l'Europe entière connaît les ingénieuses recherches, a découvert dans l'atmosphère un nouvel agent, l'ozone. Ce corps, quoique répandu en quantité très-minime dans l'air, est éminemment actif et doit par conséquent exercer une action quelconque sur notre organisme. C'est ce problème d'étiologie que je me suis proposé d'étudier, non dans l'espoir de le résoudre, mais simplement dans l'intention de bien le poser.

Peut-être le moment n'était-il pas encore venu de toucher à un sujet pareil? Toutefois, dans différents pays, les savants commencent à lui prêter une attention sérieuse; les nombreux mémoires sur l'ozone, qui ont paru dans ces derniers temps, en font foi. D'un autre côté, mon père, par trois années d'observations journalières et consciencieuses, a réuni des documents précieux, qui m'ont suggéré l'idée d'entreprendre ce travail, et m'ont mis à même de l'achever. Enfin, M. Schœnbein, pendant les quelques jours que j'ai eu l'honneur de passer près de lui, a bien voulu me communiquer ses idées et me rendre témoin d'un grand nombre d'expériences. Je le prie d'accepter ici l'expression sincère de ma reconnaissance. C'est sur tous ces matériaux, auxquels j'ai ajouté quelques faits qui me sont propres, que j'ai basé mon travail.

Quant au plan, il découlait naturellement du sujet: avant tout, il fallait exposer les propriétés chimiques et physiques de l'ozone; c'est ce qui fait l'objet de la première partie. Dans la seconde, je traite de l'ozone comme principe constituant de l'atmosphère, et dans la troisième partie, j'essaie d'appliquer toutes ces données à la pathogénie.

Je ne me dissimule pas tout ce qu'il y a d'imparfait dans ce travail; mais qu'on veuille bien l'accueillir avec quelque indulgence, en songeant aux nombreuses difficultés que devait susciter une question aussi neuve et aussi étendue.

BIBLIOGRAPHIE.

Verhandlungen der naturforsch. Gesellsch. in Basel, 1844-1854. — Mémoires disséminés et très-nombreux de SCHOENBEIN.

SCHOENBEIN. *Ueber atmosph. Ozon; Zeitschr. v.* HENLE *u.* PFEUFER, *B.* VII, *H.* 2.

— *Ueber die Natur des eigenth. Geruches*, etc.; *Abhandl. der* II^ten^ *Cl. der Akadem. der Wissensch. zu München*, III^ter^ *Band*, 3te *Abth. Separatabdruck.*

— *Ueber verschied. Zustænde des Sauerstoffes*, *Annal. der Chem. u. Pharm.*, *v.* LIEBIG; vol. 89, *H.* 3, p. 257, 1854.

— *Ueber einige Wirkung. der atmosph. Electric.*, *Union méd.* 1853, n°s 18 et 21.

TH. BOECKEL, *Mémoire sur l'ozone*, lu à la séance publ. et ann. de la Société de médecine de Strasb.; Strasb. 1854.

— *Bulletins de météréol.*, dans la *Gaz. méd. de Strasb.*, 1853-1856.

POGGENDORF'S *Annal.*, mém. nombreux de SCHOENBEIN, OSANN, FISCHER, DELARIVE, KARLINSKY, BAUMERT; vol. L-XCIII.

ECKER, *Ozon vielleicht Ursache v. Krankh.*, HENLE *u.* PFEUFER *Zeitschr.*, *B.* VI, *H.* 2.

SPENGLER, *Influenza u. Ozon*, HENLE *u.* PFEUFER *Zeitschr.*, *B.* VII, *H.* 1.

HEIDENREICH, *Ozon u. Katarrh.*, *Neue med. chir. Zeitschr.*, n° 27.

CLEMENS, *Wirkungen der das Ozon zerst. Gase*, HENLE *u.* PFEUFER *Zeitschr.*, *B.* VII, *H.* 2.

— *Malaria u. Ozon.* HENKE'S *Zeitsch. f. Staatsarzneik.*; 1852, 1tes *Heft.*

— *Miasma u. Contagium*, *Arch. f. physiol. Heilk.*, XII, 1853, p. 281.

BECQUEREL et FRÉMY, *Recherches électro-chim. sur les propr. des corps électr.*, *Annal. de chim. et phys.*, t. 35, mai 1852.

SCHWARTZENBACH, *Ueber die Einwirk. des Ozons auf Thiere*, *Verhandl. der physik. med. Gesellsch. zu Würzburg*, *B.* VI, 1850, p. 322.

WOLFF, *Ueber Ozongehalt der Luft*; Berne 1855.

SCHIEFFERDECKER, *Beobacht. der kænigsb. Gesellsch.*; *Bericht der math. naturw. Classe der kais. Akad. zu Wien*, juillet 1855; *Separatabdr.*

HOUZEAU, *Recherches sur l'oxyg. à l'état naissant*, *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, n° 17, t. 40, 1855.

Articles de journaux méd. et brochures sur le choléra. *Varia.*

I. PARTIE CHIMIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

HISTORIQUE.

A la fin du siècle dernier, Priestley et Cavendish reconnurent qu'en faisant passer de nombreuses étincelles électriques à travers l'air atmosphérique, il se formait de l'acide azotique (*Philosophie transact.*, t. LXXV et LXXVIII).

Van Marum constata que l'air traversé par de puissantes étincelles électriques prenait une *odeur très-forte* et *oxydait le mercure à froid.*

Tous ces faits cependant restèrent sans explication, et c'est à M. le professeur Schœnbein de Bâle qu'était réservé l'honneur de découvrir le corps qui produisait ces réactions, l'*ozone*, en un mot.

En 1840, à peu près, l'attention du savant chimiste de Bâle fut vivement attirée par l'odeur particulière qui se dégage d'une pile en action ou des pointes par lesquelles s'écoule le fluide électrique. Il remarqua que c'était l'oxygène provenant de la décomposition de l'eau qui avait cette odeur, que l'eau acidulée produisait de l'oxygène très-odorant, que la présence des chlorures, bromures et iodures ou des sels ferreux empêchait sa production; enfin que le gaz odorant, agité avec du charbon, du mercure, du fer, perdait ses propriétés.

Il appela ce gaz ozone (ὄζειν, sentir, puer), mais sans se prononcer sur sa nature.

Quelques années plus tard, M. Schœnbein parvint à produire le même corps, en faisant agir le phosphore sur l'air humide. Il put alors l'étudier plus complétement, et conclut que l'ozone était un peroxyde d'hydrogène, HO^3. Ces recherches furent communiquées à l'Académie des sciences de Paris (*Comptes rendus*, t. XXX, p. 13).

Depuis cette époque, M. Schœnbein n'a pas cessé de travailler ce sujet, et il a publié un grand nombre de mémoires dans les *Archives de la Société d'histoire naturelle de Bâle,* les *Annales de* Poggendorf, etc., etc.

En 1845, il découvrit qu'il se produit de l'ozone pendant la combustion lente de l'éther.

Dans la même année, MM. Marignac et De la Rive constatèrent qu'on peut produire de l'ozone en faisant passer une série d'étincelles électriques à travers de l'air sec ou de l'oxygène sec, et qu'en somme ce corps n'était qu'une modification allotropique de l'oxygène (*Arch. de l'électricité,* t. V; Genève).

Cependant cette opinion ne fut pas admise d'emblée par les chimistes et les physiciens, et pendant plusieurs années encore il y eut des discussions sur la nature de l'ozone. Nous ne ferons que citer en passant les mémoires de MM. Fischer, Marchand, Osann, Baumert, publiés dans les *Annales de* Poggendorf, et celui de Williamson, publié dans l'*Annuaire de chimie de* Millon *et* Reis.

En 1852, MM. Becquerel et Frémy (*Annal. de chimie et de phys.*, t. XXXV, p. 62; Paris), reprenant avec beaucoup de soin et de précision les expériences de MM. Marignac et De la Rive et les variant de différentes manières, établirent d'une façon irrécusable que l'ozone n'était qu'une modification allotropique de l'oxygène.

Dans ces dernières années, M. Schœnbein a découvert une foule de corps inorganiques et organiques qui produisent de l'ozone, et il a fait connaître le rôle que joue ce corps dans les phénomènes d'oxydation et de désoxydation.

Enfin, au commencement de 1855, M. Aug. Houzeau a présenté à l'Académie des sciences de Paris des recherches sur l'oxygène à l'état naissant. Il a cru découvrir un nouvel état de l'oxygène; mais on ne peut mettre en doute l'identité de cet oxygène naissant avec l'ozone. Il n'y a réellement de nouveau dans ce mémoire que la préparation de l'ozone par le bioxyde de barium; et encore M. Schœnbein avait-il

découvert depuis longtemps que le bioxyde d'argent projeté dans l'acide sulfurique dégageait de l'ozone.

CHAPITRE II.

NATURE DE L'OZONE.

L'ozone est une modification allotropique de l'oxygène, c'est-à-dire de l'oxygène ayant des propriétés différentes de l'oxygène ordinaire, de celui, par exemple, qui fait partie de l'atmosphère terrestre.

Cependant la nature intime des deux corps est la même. Le fait est facile à prouver. Enfermez dans un tube soudé à la lampe de l'oxygène parfaitement pur et sec, obtenu d'une façon quelconque; faites passer à travers cet oxygène une série d'étincelles électriques; au bout d'un certain temps, vous pourrez constater qu'une grande partie de l'oxygène a changé de propriétés. D'inodore il est devenu très-odorant; il oxyde les métaux précieux à froid, décompose les iodures alcalins, etc. Chauffez à 250° ce gaz si actif et il redeviendra de l'oxygène ordinaire; sauf à reprendre ses propriétés actives par une nouvelle électrisation (voy. Mém. de Becquerel et Frémy).

Ou bien introduisez dans cet oxygène électrisé une lame d'argent pur. Elle noircira promptement, se couvrira d'une couche de suroxyde et, par l'analyse, on lui trouvera absolument la même composition qu'au suroxyde préparé de toute autre façon.

L'ozone n'est donc autre chose que de l'oxygène; mais de l'oxygène dans un état particulier, jouissant de propriétés plus actives.

Ce fait, d'ailleurs, n'est pas isolé; d'autres corps simples présentent des modifications analogues. Nous connaissons un carbone noir, amorphe, friable, et un carbone éminemment dur, transparent, cristallin; un phosphore incolore, s'enflammant spontanément à l'air, et un phosphore rouge, inaltérable dans l'air.

Enfin, le chlore, sous l'influence des rayons solaires, prend des propriétés nouvelles.

La nature de l'ozone étant connue, on peut se demander, quel est le nom le plus convenable à lui imposer. M. Schœnbein l'avait appelé ozone, terme qui rappelle, en effet, une de ses propriétés les plus saillantes. Depuis, il lui a donné un autre nom (*erregter Sauerstoff*), qui signifie littéralement *oxygène excité* et qu'on pourrait traduire par *oxygène actif*.

Les substances capables d'agir sur l'oxygène et de lui donner des propriétés actives, sont appelées *substances excitatrices de l'oxygène* (*Sauerstoff erregende Kœrper*). Le signe de l'ozone est $=\overset{\circ}{O}$ (Schœnbein).

Le nom d'oxygène électrisé, que MM. Becquerel et Frémy ont adopté, est impropre; car il ne rappelle qu'un seul mode de production de l'ozone. On pourrait, avec la même raison, appéler oxygène phosphorisé l'ozone produit par le phosphore, etc.

Le nom d'oxygène naissant est encore moins acceptable par des motifs faciles à comprendre.

Dans le courant de ce travail, nous nous servirons indifféremment des termes ozone, oxygène excité et oxygène actif. Nous conservons le mot ozone, parce qu'il est court et qu'il permet la formation de dérivés.

CHAPITRE III.

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES ET PHYSIQUES.

L'ozone est un gaz d'une forte odeur nauséabonde; il est à peu près insoluble dans l'eau et a la plus grande analogie avec le chlore. Nous ne savons rien de sa couleur, ni de sa densité, car on ne l'a pas encore obtenu à l'état de pureté. L'oxygène le plus fortement ozonisé ne contient qu'un 1/1300 de son poids d'ozone.

Son poids atomique est le même que celui de l'oxygène ordinaire: du moins c'est ce qui ressort de l'analyse plusieurs fois répétée du peroxyde d'argent, obtenu par la combinaison directe de l'ozone avec l'argent.

Quant à ses propriétés voltaïques, l'ozone ressemble beaucoup au chlore, au brome, à l'iode; car une lame de platine plongée pendant

quelques secondes seulement dans une atmosphère ozonisée, est polarisée négativement.

Examinons maintenant rapidement la manière dont l'oxygène actif se comporte avec les différents agents chimiques et physiques.

Une chaleur modérée augmente les propriétés oxydantes de l'oxygène actif; mais chauffé à 250°, il redevient brusquement de l'oxygène ordinaire.

M. Houzeau dit que l'oxygène retiré du bioxyde de barium perd déjà ses propriétés actives à 75°.

Le carbone agit comme la chaleur; il désozonise, sans qu'il se forme aucune trace d'acide carbonique. C'est le seul corps connu jusqu'à présent qui jouisse de cette propriété.

L'hydrogène ne se combine pas avec l'ozone à la température ordinaire, et ne le modifie pas.

Il en est de même du soufre et du sélénium.

Le phosphore ordinaire se combine vivement à l'ozone, avec dégagement de chaleur et de lumière, même à une température de plusieurs degrés au-dessous de zéro.

Le phosphore amorphe (de Schrœtter), qui n'est pas altéré par l'oxygène ordinaire, s'oxyde dans l'ozone, mais lentement et sans production de lumière.

Nous étudierons plus complétement l'action du phosphore sur l'oxygène dans le chapitre suivant.

L'arsenic s'oxyde très-rapidement dans une atmosphère ozonisée; l'antimoine beaucoup plus lentement. Ce serait donc un moyen de reconnaître la nature des anneaux métalliques de l'appareil de Marsh.

Avec le chlore, le brome et l'iode, l'ozone forme des composés non acides qui ont beaucoup d'analogie avec ceux que ces corps forment entre eux (chlorure d'iode, etc.).

Le composé d'ozone et d'iode, par exemple, est solide, jaunâtre, cristallin à une température basse. A la température ordinaire, il se volatilise et donne des vapeurs très-irritantes. Les corps oxydables dé-

truisent facilement ce composé, s'emparent de l'oxygène et mettent l'iode en liberté.

Il est fort curieux de voir que l'ozone, en se combinant avec l'iode, ne forme pas d'acide.

L'azote libre, qui se combine si difficilement avec l'oxygène inactif, se combine déjà à la température ordinaire avec l'oxygène actif, pour former de l'acide nitrique. La présence d'une base n'est pas indispensable, mais elle favorise la réaction. Nous avons eu l'occasion de voir dans le laboratoire de M. Schœnbein une dizaine de grammes de nitrate potassique préparés en agitant de l'air fortement ozonisé avec une solution de potasse.

C'est certainement à cette oxydation de l'azote par l'ozone qu'est due la petite quantité d'acide nitrique et de nitrate ammonique qu'on a signalée dans les pluies d'orage.

L'ozone doit jouer un rôle important dans la nitrification spontanée.

Tous les métaux, à l'exception de l'or, du platine et de l'iridium, etc., sont oxydés à froid par l'ozone, et transformés en suroxyde. L'humidité favorise cette action. Rien n'est plus facile que de préparer le peroyde d'argent par cette méthode. Au fond d'un vaste ballon, on dépose un morceau de phosphore dans une légère couche d'eau, pour empêcher qu'il ne s'enflamme; puis on y suspend quelques lames d'argent. Au bout de vingt-quatre heures déjà, le métal est recouvert d'une épaisse couche noire de peroxyde, qu'on peut enlever par le grattage.

L'ozone transforme rapidement les acides sulfureux, azoteux, phosphoreux, etc., en acides sulfurique, azotique, phosphorique.

Il décompose les hydracides et met le métalloïde à nu; l'acide chlorhydrique même est décomposé en chlore et en eau.

La plupart des sulfures métalliques sont changés en sulfates.

Les iodures, bromures, et même les chlorures, au dire de Baumert, sont décomposés, et l'iode, le brome, le chlore, sont mis en liberté.

Dans la décomposition de l'iodure potassique par l'ozone, on se demande ce que devient le potassium. S'il était changé en oxyde potas-

sique, il est évident que l'iode, mis en liberté, serait promptement réabsorbé et le liquide décoloré; ce qui n'arrive pas. Il faut donc admettre que le potassium passe à l'état de suroxyde ($K\ O^3$), ou produit quelque autre composé.

Les sels de protoxyde de fer, de manganèse, d'étain, etc., absorbent rapidement l'ozone. Les protoxydes se transforment en sesquioxydes et en partie même en peroxydes, qui alors se déposent.

Le prussiate jaune, traité par l'ozone, devient du prussiate rouge; on n'a qu'à suspendre un cristal du sel jaune dans une atmosphère ozonisée, et bientôt il prend une belle couleur rouge, en même temps qu'il perd son eau de cristallisation et un équivalent de potasse.

L'ammoniaque est brûlée en partie par l'ozone, pour former du nitrate ammonique.

Les matières animales, telles que la gélatine, l'albumine, le sang, absorbent rapidement l'ozone et s'oxydent. Aussi suffit-il d'introduire dans un ballon renfermant de l'ozone une de ces substances, pour voir disparaître l'odeur caractéristique du gaz.

Les matières végétales susceptibles d'oxydation sont toutes altérées par l'ozone. Il en est ainsi de la plupart des matières colorantes, qui sont décolorées.

Toutes ces réactions permettent de reconnaître facilement la présence de l'ozone. On se sert ordinairement dans ce but d'un papier trempé dans une solution d'amidon contenant un peu d'iodure potassique. Ce papier se colore en bleu par l'action de l'ozone.

On peut se servir également d'un papier trempé dans une solution étendue d'un sel manganeux. Ce papier incolore devient brun par l'ozone ; mais il est moins sensible que le précédent.

De même un papier coloré en noir par le sulfure de plomb, se décolore dans l'ozone grâce à la formation de sulfate, etc., etc.

Cependant nous possédons un réactif plus sensible que tous ceux que nous venons d'énumérer, et qui rend de grands services dans l'étude de l'ozone, c'est la teinture de gayac.

La résine de gayac est une substance translucide, ayant une cassure vitrée. Au contact de l'air, elle s'oxyde lentement et devient opaque, pulvérulente. Une solution alcoolique, contenant seulement un dix-millième de résine, prend une belle couleur bleue, lorsqu'on l'agite avec de l'air ozonisé. Il se forme dans ces circonstances un composé peu stable de résine de gayac et d'oxygène actif, et c'est ce composé qui a la couleur bleue. On peut l'isoler en le précipitant de sa solution alcoolique au moyen de l'eau.

Ce composé, au commencement, cède facilement son oxygène à des corps oxydables ; mais à la longue l'ozone agit plus profondément sur la résine et l'oxyde, alors la couleur bleue disparaît. C'est ce qui explique pourquoi la teinture bleue se décolore spontanément au bout d'un certain temps. Elle se décolore également et instantanément lorsqu'on la met en contact avec des corps réducteurs, tels que l'acide sulfureux, l'acide sulfhydrique, le plomb, etc. Dans ce dernier cas, la teinture, n'ayant pas eu le temps de s'altérer, peut reprendre sa couleur bleue sous l'influence d'une nouvelle dose d'ozone, et l'on peut reproduire ces colorations et ces décolorations un grand nombre de fois.

Pour doser l'ozone, M. Schœnbein s'est servi d'une solution titrée d'indigo, qui se décolore sous l'influence de cet agent. Par ce moyen, il a pu constater que l'air ozonisé au maximum par le phosphore ne contenait que 1/1300 d'oxygène actif, et qu'il suffisait d'un demi-millionième de ce corps pour donner à l'air une odeur très-appréciable.

En passant en revue les différentes propriétés de l'ozone, on voit que ce corps ressemble beaucoup au chlore, au brome, à l'iode, dont, jusqu'à un certain point, il est difficile de le distinguer. Si l'on avait un mélange gazeux de chlore et d'ozone, par exemple, il faudrait enlever préalablement le chlore par un sel d'argent, et alors seulement on pourrait constater les réactions propres à l'ozone.

L'oxygène actif est encore plus électro-négatif que le chlore, puisqu'il chasse ce dernier d'un certain nombre de combinaisons; l'oxygène se trouve donc replacé à la tête des corps électro-négatifs.

CHAPITRE IV.

EXCITATION DE L'OXYGÈNE OU MODE DE PRODUCTION DE L'OZONE.

L'oxygène peut être ozonisé ou excité par des agents très-variés, qu'on peut diviser en trois classes : 1° par les *agents impondérables* (électricité, lumière, chaleur); 2° par un certain nombre de *corps simples;* 3° par des *corps composés*, soit inorganiques, soit organiques. Nous allons exposer successivement ces différentes manières d'exciter l'oxygène.

§ 1er. *Ozonisation par les agents impondérables.*

A. PAR L'ÉLECTRICITÉ.

L'électricité sous toutes ses formes a la propriété de rendre l'oxygène actif. Une expérience des plus simples consiste à armer d'une pointe le conducteur d'une machine électrique. En tournant le plateau, l'électricité s'échappe par la pointe et dégage une odeur particulière qui n'est autre que celle de l'ozone. Pour s'en assurer, on n'a qu'à approcher de l'aigrette électrique un papier réactif de l'ozone (ioduré et amidonné) préalablement humecté, et il bleuira immédiatement.

En effet, l'odeur particulière attribuée à l'électricité provient uniquement de l'ozone qu'elle produit dans l'air.

Si l'on veut procéder d'une façon plus rigoureuse, on se sert d'un tube de verre fermé d'un côté, étiré de l'autre, et dans les parois duquel sont soudés deux pointes de platine (Expérience de Becquerel et Frémy). On le remplit d'oxygène pur et on le ferme à la lampe, après y avoir introduit une bande de papier réactif. Puis on fait passer une série d'étincelles électriques à travers les fils de platine, et bientôt le papier prend une couleur bleue qui devient de plus en plus foncée, à mesure que l'on continue l'expérience. En cassant la pointe du tube sous l'eau, on peut d'ailleurs constater toutes les réactions de l'oxygène actif.

De quelque façon qu'on produise l'étincelle électrique, qu'on se serve de la machine électrique, d'un courant d'induction interrompu, etc., le résultat est toujours le même. Cependant l'arc voltaïque, qui se manifeste lors de la rupture du courant d'une pile très-énergique, ne produit aucun effet d'ozonisation. Cela tient probablement à ce que la température élevée qui se produit détruit l'ozone.

Une expérience des plus curieuses, faite par MM. Becquerel et Frémy, démontre que l'électricité peut même ozoniser l'oxygène par influence. Ces savants introduisirent une bande de papier réactif dans un tube de verre, le remplirent d'oxygène pur et sec et le fermèrent à la lampe. Ils placèrent alors deux fils de métal, traversés par un courant électrique, de telle façon que l'étincelle vint lécher la surface externe du verre, vis-à-vis du papier, et ce dernier se colora en bleu.

Ce phénomène se produit quelquefois en grand dans l'atmosphère, quand la foudre tombe. M. Schœnbein a eu l'occasion de l'observer deux fois. La foudre ayant frappé, il y a quelques années, un édifice de Bâle, il vit qu'à une centaine de pas à la ronde, toutes les chambres, mêmes celles qui étaient bien closes, étaient remplies d'ozone, reconnaissable par son odeur et sa réaction sur le papier ioduré. Déjà alors M. Schœnbein attribua cette ozonisation à l'électricité par influence.

Au moyen de l'*électricité statique*, on peut donc produire de l'ozone; mais il est remarquable qu'on ne parvienne jamais à transformer complétement un volume donné d'oxygène en ozone, à moins de faire absorber ce gaz au fur et à mesure de sa production par une lame d'argent ou par une solution d'iodure potassique.

MM. Becquerel et Frémy, en recherchant la loi qui préside à l'ozonisation, ont trouvé : que pendant plusieurs heures la quantité d'ozone produite est proportionnelle au nombre d'étincelles employées; mais qu'en continuant à faire passer des étincelles au delà de ce temps, la quantité d'ozone commence à diminuer. Il paraît donc que l'électricité détruit de nouveau l'ozone qu'elle avait produit; de même que la chaleur oxyde et désoxyde le mercure, etc.

Il n'est nullement nécessaire que l'oxygène soit pur pour être ozonisé. Aussi l'air atmosphérique contenant de l'oxygène et étant traversé par des étincelles électriques, doit nécessairement renfermer de l'ozone. C'est ce que démontre un papier réactif exposé pendant quelque temps à l'air libre.

Nous reviendrons plus tard sur cette question de météorologie.

L'*électricité dynamique*, dans certaines circonstances, peut également produire de l'oxygène actif.

En faisant passer un courant voltaïque énergique à travers un mélange d'une partie d'acide sulfurique et de douze parties d'eau distillée, maintenu à une température aussi basse que possible, il se dégage, au pôle positif, de l'oxigène ayant une odeur électrique très-forte et bleuissant le papier réactif.

Il suffit que l'eau employée contienne une très-petite quantité d'une matière oxydable, telle que l'acide sulfureux, l'acide nitreux, ou un sel ferreux, pour que l'effet ne se produise plus, parce que l'ozone dégagé est immédiatement employé à oxyder ces matières.

En faisant passer le gaz odorant qui se dégage au pôle positif de la pile, à travers une solution d'iodure potassique, l'odeur et les propriétés de l'ozone disparaissent, et il ne reste plus que de l'oxygène ordinaire. C'est que l'oxygène provenant de la décomposition de l'eau n'est pas tout entier ozonisé; il ne renferme qu'une très-petite quantité de gaz actif, et celle-ci suffit pour communiquer à toute la masse son odeur et ses propriétés.

Baumert dit qu'une solution d'acide chromique, contenant un peu d'acide sulfurique et traitée par la pile, donne beaucoup plus d'ozone que le mélange indiqué plus haut. Il a analysé le gaz odorant provenant de la décomposition de l'eau et croit avoir constaté que l'ozone est un composé de deux équivalents d'oxygène actif et d'un équivalent d'eau, c'est-à-dire un hydrate d'ozone ayant la formule $HO + \overset{\circ}{O}^2 = HO^3$.

Voici comment il procède : il commence par déposer à la face interne d'un tube de verre une légère couche d'acide phosphorique an-

hydre. Puis il fait passer à travers ce tube un courant d'oxigène ozonisé, obtenu par électrolyse de l'eau et soigneusement desséché. Dans ces circonstances, la couche d'acide phosphorique reste intacte; mais, sitôt qu'on chauffe une partie du tube avec une lampe à alcool, la chaleur désozonise l'oxygène, la couche d'acide phosphorique en aval du point chauffé fond et disparaît, tandis que la couche en amont reste intacte.

Baumert pense que l'eau qui fait fondre l'acide phosphorique était combinée à l'ozone. Il suppose aussi que l'ozone pur et anhydre est inodore; mais qu'à une température basse, ce gaz s'hydrate et forme le composé HO^3, et, d'après lui, ce serait ce nouvel oxyde d'hydrogène qui posséderait l'odeur pénétrante que nous connaissons à l'ozone.

Nous sommes plus disposé à admettre que l'eau qui se montre dans l'expérience de Baumert provient de la petite quantité de bioxyde d'hydrogène qui, d'après le travail de M. Meidinger, de Giessen, se forme toujours au pôle positif de la pile et qui serait entraînée par le courant du gaz.

En tout cas, l'existence de l'ozone anhydre est prouvée; et, comme l'ozone, préparé par électrisation de l'oxygène sec, est odorant, il faudrait admettre, dans l'hypothèse de Baumert, qu'il s'hydrate et devient odorant dans le court trajet du tube au nez de l'observateur.

B. Ozonisation par la lumière et la chaleur.

Nous n'avons pas de preuves certaines que ces deux agents impondérables excitent l'oxygène; mais il y a un certain nombre de faits qui peuvent le faire supposer.

Ainsi la lumière décolore et, par conséquent, oxyde l'indigo et les couleurs végétales. Elle transforme le sulfure de plomb en sulfate; le sulfure d'arsenic en acide arsénieux et en acide sulfurique. Toutes ces réactions se produisent dans l'oxygène soumis à l'insolation, tandis que l'oxygène non insolé est sans action sur ces substances. La teinture de gayac très-étendue, agitée avec de l'air, dans la lumière solaire, bleuit. Des

taches légères d'arsenic métallique, exposées à la lumière, disparaissent, tandis que, dans l'obscurité, elles persistent, etc.

Tout cela s'explique très-bien en admettant que la lumière est un agent excitateur de l'oxygène.

Quant à la chaleur, il est très-difficile de se rendre compte de son action sur l'oygène. Jusqu'à un certain degré, elle augmente l'affinité de la plupart des corps pour l'oxygène. Au delà de ce degré, elle détruit de nouveau un grand nombre de composés qui s'étaient formés. L'oxygène actif, libre, chauffé à 250°, devient de l'oxygène ordinaire. Mais, en présence d'un autre corps, il se comporte différemment. Prenons un exemple: en chauffant de l'oxyde de barium à 300 ou 400° dans une atmosphère d'oxygène ordinaire, un équivalent de ce dernier devient actif et se combine à la baryte pour former du bioxyde ($Ba\ O^2 = Ba\ O + \overset{\circ}{O}$); et ce qui prouve que le second équivalent d'oxygène est devenu actif, c'est qu'on peut le retirer du suroxyde barytique dans cet état (Expér. de Houzeau). Donc la chaleur peut exciter l'oxygène et le rendre actif en présence de l'oxyde barytique. Cependant ce même suroxyde qui se forme à 300 ou 400°, se décompose à la température de 500 à 600° en oxygène et baryte.

On voit par ce seul exemple combien l'action de la chaleur sur l'oxygène varie selon la température employée et selon le corps en présence duquel on opère. Il reste toujours ce fait, que de l'oxygène ordinaire, chauffé dans de certaines conditions encore mal étudiées, devient de l'oxygène actif ou de l'ozone.

§ 2. *Ozonisation par les corps simples.*

On connaît jusqu'à présent un assez grand nombre de corps simples qui jouent le rôle de substances excitatrices de l'oxygène. C'est à M. Schœnbein que nous devons la connaissance de tous ces faits.

Nous sous-diviserons ce paragraphe en deux parties, l'une pour les métalloïdes, l'autre pour les métaux.

A. Ozonisation par les métalloïdes.

De tous les corps simples, le phosphore est celui qui ozonise le plus énergiquement l'oxygène.

On n'a qu'à placer un morceau de phosphore dans un vase rempli d'air et au bout de très-peu de temps on pourra y constater la présence de l'ozone.

Tout ce qui active la vaporisation et l'oxydation du phosphore, active aussi l'ozonisation. La présence de l'eau est favorable à la réaction, parce qu'elle dissout les acides produits et rétablit ainsi le contact entre l'oxygène et le phosphore.

En étudiant à fond ce phénomène, M. Schœnbein est arrivé à des conclusions très-importantes: à savoir, que le phosphore s'oxyde parce qu'il ozonise l'oxygène; que toute oxydation du phosphore est nécessairement précédée d'une formation d'ozone, et que l'oxygène ordinaire, tant qu'il ne devient pas actif, est incapable de se combiner au phosphore.

La vérité de ces propositions sera suffisamment établie si l'on parvient à prouver: 1° que le phosphore, en s'oxydant, développe toujours de l'ozone; 2° qu'en empêchant l'oxydation du phosphore, il ne se produit pas d'ozone; 3° qu'en empêchant la formation de l'ozone, le phosphore ne s'oxyde pas, et 4° que du phosphore mis dans des circonstances telles qu'il ne s'oxyde pas spontanément, s'oxyde néanmoins si l'on développe de l'ozone en sa présence.

Voici les faits: 1° Dans l'air atmosphérique le phosphore brûle spontanément et il se produit de l'ozone. Il en est de même dans un mélange d'oxygène et d'hydrogène.

2° Dans l'oxygène pur à la température et à la pression ordinaire, le phosphore ne s'altère pas et il ne produit pas d'ozone; mais lorsqu'on élève la température à 20° ou lorsqu'on diminue la pression, le phosphore commence à émettre d'abondantes vapeurs lumineuses, et bientôt on peut constater la formation d'une certaine quantité d'oxygène

actif. Le phosphore amorphe est inaltérable dans l'air, mais aussi il n'excite nullement l'oxygène.

Dans de l'air à quelques degrés au-dessous de zéro, le phosphore ne luit pas, ne s'oxyde pas, ne produit pas d'ozone. Mais si l'air refroidi a été préalablement ozonisé, un morceau de phosphore qu'on y introduit se met à luire d'une manière très-sensible.

3° Prenez de l'air à la température ordinaire, mais contenant de petites quantités d'une matière oxydable (p. ex. 1/400 de gaz oléfiant, d'huile essentielle, d'acide sulfureux), un morceau de phosphore introduit dans ce mélange ne luira pas, parce que ces matières empêchent la formation de l'ozone, ou plutôt l'absorbent à mesure qu'il se produit.

Enfin 4°, on peut faire luire le phosphore dans de l'air refroidi, en faisant passer quelques étincelles électriques à travers cet air, c'est-à-dire en y développant de l'ozone.

Nous pouvons donc dire que le phosphore, en brûlant spontanément à l'air, commence par exciter l'oxygène et qu'alors seulement il s'oxyde.

M. Schœnbein a même cherché à déterminer quelle était la quantité d'oxygène qu'un poids donné de phosphore pouvait transformer en ozone. Il s'y prit de la façon suivante, en se fondant sur la propriété qu'a l'ozone de décolorer l'indigo. Il versa dans un ballon de 2 litres, 100 grammes d'une solution titrée d'indigo, 100 grammes d'eau et 1 gramme de phosphore. Le tout fut chauffé à 50° et vivement agité. Au bout de quelques minutes l'indigo fut décoloré. Il en ajouta peu à peu de nouvelles quantités jusqu'à un léger excès. En somme, il consomma 660 grammes de teinture d'indigo. Le phosphore avait complétement disparu et avait été transformé en acide phosphorique. Par différents essais préalables on avait trouvé que 60 grammes de la même teinture d'indigo étaient décolorés par $0^{gr},1$ de chlorate de potasse; 660 grammes de teinture auraient donc exigés 1,1 de chlorate. Mais 1,1 de chlorate contiennent 0,430 d'oxygène; par conséquent, 1 gramme de phosphore, pendant son oxydation, produit $0^{gr},430$ d'ozone employés à détruire l'indigo, plus 1,290 employés à former l'acide

phosphorique; en tout, 1,720. En d'autres mots, 3 équivalents de phosphore excitent 20 équivalents d'oxygène et les transforment en ozone.

Pour terminer, disons que M. Schœnbein s'est assuré que l'ozone produit par le phosphore n'est pas hydraté.

Parmi les autres métalloïdes, nous n'en connaissons pas qui jouissent de cette propriété remarquable du phosphore. Cependant il nous paraît probable que l'arsenic, qui a tant d'analogie avec le phosphore, qui subit également une combustion lente à l'air, doit aussi exciter l'oxygène, quoique à un très-faible degré.

B. Ozonisation par les métaux.

Un certain nombre de métaux sont des corps excitateurs de l'oxygène, mais à un assez faible degré. Ce sont surtout les métaux précieux qui jouissent de cette propriété, et, parmi eux, c'est le mercure qui se prête le mieux à la démonstration, grâce à son état liquide.

Qu'on verse dans un flacon une centaine de grammes de mercure très-pur et par-dessus une couche de teinture de gayac au 1/100, qu'on agite vivement les deux liquides avec l'air, et au bout de quelques secondes la teinture aura pris une belle couleur bleue, indice d'une formation d'ozone. Si le mercure contient une petite quantité de plomb ou d'un autre métal très-oxydable, la coloration ne se produit pas, non qu'il ne se forme pas d'ozone, mais parce que l'ozone formé est employé à oxyder les métaux qui souillent le mercure.

Lorsqu'on agite ce métal avec une solution d'iodure de zinc et de l'air, il se forme un iodure double de zinc et de mercure et il se dépose de l'oxyde de zinc. Si, après quelques secousses, on laisse reposer les liquides, on voit la solution d'iodure de zinc se colorer en jaune et, par l'addition d'un peu d'amidon, elle bleuit. L'iode est donc mis en liberté, et ce n'est que consécutivement qu'il se forme un iodure double. Enfin, 200 grammes de mercure, agités dans un ballon avec une dizaine de grammes de teinture d'indigo, les décolorent rapidement, surtout si

l'on a soin de chauffer un peu le mélange. Ces effets ne peuvent être attribués qu'à l'ozone produit par le contact du mercure.

Ce que nous venons de dire du mercure s'applique en grande partie à tous les métaux précieux. Mais on conçoit facilement que la forme solide, sous laquelle on est obligé de les employer, rend leur action moins rapide et moins intense.

Les éponges d'or, d'argent et de platine colorent la teinture de gayac en bleu; déposées sur un papier ioduré et amidonné humide, elles s'entourent d'un cercle bleu; elles décolorent le papier d'indigo. Enfin, la mousse de platine, mise en contact avec du phosphore à 5° au-dessous de zéro, le fait luire et l'oxyde, et l'on sait que le phosphore ne luit pas à cette température, à moins qu'il ne soit en contact avec de l'ozone.

Nous ferons remarquer en passant, que le pouvoir catalytique de la mousse de platine s'explique facilement par la réunion de deux propriétés: celle d'ozoniser et celle de condenser les gaz.

§ 3. *Ozonisation par les corps composés.*

Les corps composés excitateurs de l'oxygène sont très-nombreux, et nous pouvons dire, dès à présent, que tous les corps s'oxydant spontanément à l'air doivent être rangés dans cette catégorie.

C'est encore M. Schœnbein qui a découvert tous ces faits, et nous allons rapporter brièvement ses expériences relatives à l'acide sulfureux, aux hydrogènes sulfuré, arsénié, antimonié, aux sels ferreux, aux huiles grasses et essentielles, aux alcools et éthers, à quelques acides végétaux, etc. On ne peut pas toujours isoler l'ozone que produisent ces corps avant de s'oxyder. Pour prouver néanmoins qu'il s'en forme, M. Schœnbein s'est servi d'une substance qui n'est pas oxydée par l'oxygène ordinaire, mais qui l'est par l'oxygène actif. Cette substance est la solution d'indigo dans l'acide sulfurique, dont l'oxydation est d'autant plus facile à reconnaître qu'elle est indiquée par un changement de couleur.

Toutes les fois donc qu'un corps décolorera la solution d'indigo, en dehors de tout dégagement de chlore, de brome ou d'iode, on pourra affirmer que ce corps développe de l'ozone. La chaleur et la lumière solaire activent beaucoup cette propriété des corps.

Passons les maintenant en revue :

Acide sulfureux. Des morceaux de toile humide, colorés par l'indigo, furent suspendus dans un mélange d'acide sulfureux et d'air atmosphérique. Exposés aux rayons solaires, il ne fallut que deux heures pour une décoloration complète; dans une cave il fallut dix semaines.

Un mélange d'acide sulfureux liquide et de solution d'indigo se décolore rapidement au contact de l'air atmosphérique; hors du contact de l'air, les deux liquides restent sans action l'un sur l'autre.

Dans l'espace de six semaines, 5 grammes d'une solution saturée d'acide sulfureux décolorèrent 625 grammes de teinture d'indigo. Au bout de ce temps, tout l'acide sulfureux est changé en acide sulfurique.

L'acide sulfureux détruit de même le pigment jaune de la soie et le pigment rouge des cactées. Quant à la décoloration de la plupart des autres pigments végétaux (des roses, des dahlias, etc., etc.) par l'acide sulfureux, elle repose sur un tout autre principe; car ces pigments reprennent leur couleur primitive par l'immersion dans l'acide sulfurique, dans le chlore, dans l'ozone, etc., et en général dans tout ce qui détruit l'acide sulfureux, ou le change en acide sulfurique. Ce n'est donc pas par oxydation que ces pigments ont été décolorés, comme le sont l'indigo ou le rouge des cactées ; autrement ils ne reprendraient pas leur couleur primitive par les agents oxydants. Nous renvoyons pour l'explication de ces phénomènes aux *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Bâle.* (Communications de M. Schœnbein du 2 juin 1851 et du 12 octobre 1853.) Nous avons seulement voulu montrer que l'acide sulfureux, qui est en général un corps réducteur, peut dans certaines circonstances devenir un oxydant énergique, grâce à son influence excitatrice sur l'oxygène.

Hydrogène sulfuré, arsénié, antimonié. Des bandes de toile teintes par l'indigo et suspendues dans un mélange d'hydrogène sulfuré et d'air, se décolorent peu à peu.

Les hydrogènes arsénié et antimonié agissent de même, mais plus lentement.

Sels ferreux. De la limaille de fer agitée avec de l'air et de l'eau ne se transforme que très-lentement en oxyde de fer. Si au lieu d'eau on emploie une solution d'un sel ferreux, l'oxydation se fait très-rapidement, sans qu'il se dissolve des traces de sel ferrique pendant l'expérience. Il paraît donc que l'oxygène se combine plus rapidement au fer sous l'influence d'un sel ferreux qui sans doute rend l'oxygène actif.

Huiles essentielles. De toutes ces huiles, l'*essence de térébenthine* jouit au plus haut degré du pouvoir excitateur de l'oxygène. Elle forme avec ce corps un composé facile à détruire, une espèce de dissolution; mais à la longue l'ozone ainsi dissout oxyde l'essence et la résinifie.

On obtient l'essence chargée d'oxygène actif, en l'exposant à la lumière diffuse dans un flacon rempli au quart, et en renouvelant l'air du flacon de temps à autre. Au bout de quelques semaines, l'essence ainsi traitée contient déjà une forte proportion d'ozone. Elle décompose alors l'iodure potassique, décolore l'indigo, transforme les sels ferreux en sel ferrique, le cyanure jaune en cyanure rouge, le sulfure de plomb en sulfate; elle oxyde l'argent en présence de l'acide acétique, etc., etc.

On peut ainsi obtenir une essence de térébenthine qui décolore deux fois autant d'indigo que le meilleur chlorure de chaux du commerce. L'essence se charge d'autant plus d'ozone que la température est plus basse, la lumière plus intense et le contact avec l'oxygène plus complet. La chaleur augmente sans aucun doute la propriété excitante de la térébenthine; mais l'ozone transforme immédiatement l'essence en résine, au lieu de rester en solution. Aussi une essence très-active perd-elle une grande partie de ses propriétés par l'ébullition, en même temps qu'il s'y forme beaucoup de résine.

Dans l'obscurité, la térébenthine dissout de l'ozone, mais peu et lentement.

En se chargeant d'ozone, l'essence de térébenthine change de propriétés physiques, elle prend une saveur âcre et brûlante et une odeur très-désagréable. On a déjà proposé son emploi en thérapeutique.

Les autres huiles essentielles se comportent d'une manière toute semblable.

Huiles grasses. On sait depuis longtemps que les huiles grasses, principalement les huiles dites siccatives, absorbent de l'oxygène et s'oxydent. L'oxygène ainsi dissout est dans la modification active, car il décolore l'indigo.

Quarante grammes d'huile de lin fraîche, agitée dans un ballon à la lumière solaire, avec 1 gramme de teinture d'indigo, le décolorèrent en un jour; et dans quinze jours la même huile décolora encore 10 grammes d'indigo.

Éthers. De l'éther sulfurique pur et récemment préparé n'a aucune action oxydante. Mais au bout de quelque temps de contact avec l'air, surtout à la lumière, il se charge d'oxygène actif. Semblable à l'essence de térébenthine, il excite l'oxygène et le dissout; peu à peu cet oxygène actif, s'il n'est pas enlevé par un autre corps, oxyde l'éther et le transforme en acide acétique. Mais on peut constater la présence de l'ozone dans le liquide longtemps avant qu'on y trouve une trace d'acide. Ce fait montre une fois de plus que l'ozonisation précède l'oxydation.

L'éther ozonisé produit du reste toutes les réactions de l'essence de térébenthine ozonisée.

On conçoit facilement que presque tout l'éther du commerce contienne des proportions variables d'ozone. Il est très-facile de s'en assurer, en le laissant tomber goutte à goutte sur du papier ioduré et amidonné. Celui-ci brunit, et lorsqu'on l'humecte, il prend la couleur bleue caractéristique.

Les autres éthers et corps éthérés jouissent des mêmes propriétés.

Peut-être faudrait-il attribuer à l'ozone un certain nombre d'ac-

cidents mortels survenus pendant l'anesthésie par l'éther ou par le chloroforme. En effet, nous verrons plus bas que l'ozone est un poison très-irritant, dont l'action porte principalement sur les voies aériennes et qui y provoque rapidement des congestions et des stases sanguines. Il n'est donc pas déraisonnable de supposer que ce corps contenu dans l'éther ou le chloroforme puisse contribuer à amener un engorgement mortel des poumons. Cependant, nous n'avons aucun fait à l'appui de cette hypothèse. En tout cas, cette cause d'accidents serait facile à éviter. Il suffirait d'agiter le liquide qui devrait servir à l'anesthésie avec un peu de sulfate ferreux. Ce sel enlèverait tout l'ozone, en se transformant en sel ferrique.

Pour terminer la liste des corps excitateurs de l'oxygène, et nous sommes certain que cette liste pourrait être facilement augmentée par des recherches dirigées dans ce sens, nous n'aurons plus qu'à parler des acides *tartrique*, *citrique* et *acétique*.

Une dissolution de 10 grammes d'acide tartrique peut facilement décolorer en un jour 8 à 10 grammes de teinture d'indigo, sous l'influence des rayons solaires. Les deux autres acides ont un pouvoir excitateur moins énergique.

CHAPITRE V.

COMBINAISON DE L'OXYGÈNE ACTIF.

Que devient l'oxygène actif lorsqu'il s'est combiné à un corps? Garde-t-il quelque chose de ses propriétés actives ou bien les perd-il complétement?

Il est probable que, dans les différents composés oxygénés, ce gaz se trouve à des degrés d'activité très-variables. On peut prouver que dans un certain nombre de corps, l'oxygène n'a rien perdu de ses propriétés actives : tels sont la plupart des bioxydes ou suroxydes. En effet, ils possèdent un grand nombre de réactions de l'ozone; ils bleuissent la teinture de gayac, décomposent l'iodure potassique, décolorent l'in-

digo, etc. Mais il a y plus; on peut, de certains peroxydes, retirer l'oxygène à l'état actif.

Ainsi, M. Schœnbein a trouvé, depuis longtemps, que le bioxyde d'argent projeté dans l'acide sulfurique dégageait un gaz identique avec l'ozone.

M. Houzeau a trouvé de son côté, que le bioxyde de barium avait la même propriété; il appelle oxygène naissant le gaz ainsi obtenu.

Si l'oxygène qu'on prépare au moyen des autres peroxydes n'appartient pas à la variété active, cela tient uniquement à ce qu'on emploie la chaleur pour produire la décomposition, et la chaleur désozonise l'oxygène à mesure qu'il est mis en liberté.

Nous donnons ici une liste de corps dans lesquels M. Schœnbein suppose que l'oxygène est actif, au moins en partie, et la manière dont le savant professeur écrit leurs formules.

Sesquioxyde d'or	$Au^2 O^3 = Au^2 \overset{\circ}{O}{}^3$
Bioxyde de platine	$Pt O^2 = Pt \overset{\circ}{O}{}^2$
» d'argent	$Ag O^2 = Ag \overset{\circ}{O}{}^2$
» de manganèse.	$Mn O^2 = Mn O + \overset{\circ}{O}$
» de plomb	$Pb O^2 = Pb O + \overset{\circ}{O}$
» de barium	$Ba O^2 = Ba O + \overset{\circ}{O}$
» d'hydrogène ou eau oxigénée	$HO^2 = HO + \overset{\circ}{O}$
Acide hypoazotique.	$NO^4 = No^2 + \overset{\circ}{O}{}^2$, etc.

(Voy. *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Bâle*, 1852 - 1854.)

Nous ne pouvons pas entrer ici dans les considérations qui ont engagé M. Schœnbein à adopter cette manière de voir, cela nous entraînerait trop loin de notre sujet et n'aurait que peu d'intérêt pour le médecin.

Nous ajouterons ici quelques considérations générales sur la combinaison de l'ozone avec les autres corps.

Après avoir passé en revue la liste nombreuse des corps excitateurs

de l'oxygène et étudié la manière dont ils se comportent avec ce gaz, il ne nous semble pas téméraire de soutenir avec M. Schœnbein :

1° Que l'oxygène ordinaire est inerte, incapable d'entrer en combinaison.

2° Que la combinaison d'un corps quelconque avec l'oxygène n'est possible que si ce dernier a été préalablement excité, soit par le corps oxydable lui-même, soit par un autre agent excitateur.

Les corps les plus oxydables restent inaltérés dans l'oxygène, du moment qu'on empêche l'excitation de ce gaz (voy. paragraphe *De l'ozonisation par le phosphore*).

Ces faits étant admis, il nous semble que les théories sur la combinaison chimique doivent être modifiées, du moins celles qui ont pour objet les phénomènes d'oxydation. Jusqu'à présent, la combinaison était regardée comme une juxtaposition de molécules dans des proportions définies, juxtaposition déterminée et maintenue par une force particulière appelée *affinité*.

Cette explication devient insuffisante, lorsqu'on essaie de l'appliquer aux faits que nous avons cités dans le courant de ce travail. En effet, que voyons-nous se passer, par exemple, dans la combinaison du phosphore avec l'oxygène? Les deux corps commencent par réagir l'un sur l'autre; l'oxygène excité subit un changement complet dans ses propriétés chimiques et physiques, son activité est poussée à la dernière limite et alors seulement l'oxydation a lieu. La combinaison devient ainsi une sorte de copulation, suivie, si je puis m'exprimer ainsi, de la génération d'un nouveau corps.

En appliquant les mêmes idées à la décomposition des corps oxygénés, on arrive encore à des vues nouvelles et dignes de quelque intérêt.

S'il est vrai que dans certains composés, tels que les peroxydes métalliques, les acides du manganèse, du chrome, etc., une partie de l'oxygène soit à l'état actif, il en résulte que tout ce qui ramènera cet oxygène à l'état inactif devra détruire la combinaison. C'est ainsi que l'on peut envisager le mode d'action de la chaleur, qui désozonise l'oxy-

gène et décompose les suroxydes. Il est vrai que la température à laquelle se font ces différentes décompositions est très-variable ; mais on peut l'attribuer à l'influence du métal.

De même, on pourrait peut-être admettre que le carbone doit une partie de ses propriétés désoxydantes à son pouvoir désozonisant.

En exposant ici ces idées hypothétiques sur le rôle de l'ozone, nous ne nous abusons pas sur leur valeur ; mais nous voulions au moins indiquer quelques-unes des questions si graves que soulève l'introduction de cet agent dans le domaine scientifique.

II. PARTIE MÉTÉOROLOGIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

PREUVES DE L'EXISTENCE DE L'OZONE ATMOSPHÉRIQUE.

Un papier imprégné d'iodure de potassium et d'amidon bleuit au contact de l'air. De nos jours, tous les savants sont à peu près d'accord pour attribuer cet effet à l'oxygène actif contenu dans ce milieu. Et, en effet, les actions électriques qui s'y passent sans cesse, les puissantes étincelles qui le traversent périodiquement sous forme de foudre, doivent nécessairement agir sur son oxygène et le rendre actif. Cependant il ne sera pas inutile de passer en revue les différents corps, répandus dans l'atmosphère, auxquels on pourrait attribuer la décomposition de l'iodure potassique.

Tout d'abord il faut écarter le *chlore* et le *brome*, qui colorent, il est vrai, notre papier réactif, mais qui n'entrent pas normalement dans la composition de l'air atmosphérique, au moins dans l'intérieur des continents.

L'*iode*, au contraire, en fait partie, d'après les analyses de M. Chatin ; mais il est en quantité beaucoup trop minime pour produire la coloration foncée qu'on observe quelquefois sur les papiers réactifs exposés à l'air. De plus, un simple papier amidonné devrait se colorer tout autant qu'un papier ioduré et amidonné, et c'est ce qui n'arrive pas.

Il ne resterait plus, en fait de corps gazeux capables de décomposer l'iodure potassique, que l'acide azotique et l'acide hypoazotique.

L'*acide azotique* existe dans l'atmosphère, au moins après les orages ; mais cet acide pur et privé de toute trace d'acide hypoazotique ne décompose nullement l'iodure alcalin ; si bien qu'on a proposé de se ser-

vir de ce dernier corps pour constater le degré de pureté de l'acide azotique.

Quant à l'*acide hypoazotique*, que M. Schœnbein suppose renfermer deux équivalents d'oxygène actif ($NO^4 = NO^2 + \overset{\circ}{O}^2$), il colore le papier réactif; mais c'est un corps très-instable, qui se décompose au contact de l'eau en acide azotique et bioxyde d'azote; il ne peut donc pas exister dans notre atmosphère toujours plus ou moins humide.

En somme, la décomposition de l'iodure potassique au contact de l'air ne peut être attribuée à aucun autre corps connu qu'à l'oxygène actif ou ozone.

CHAPITRE II.

OZONOMÉTRIE.

M. Schœnbein, guidé par des idées théoriques, découvrit l'ozone dans l'atmosphère. Il ne se borna pas là; il voulut trouver un moyen de doser journellement la quantité d'ozone contenue dans l'air. A cet effet, il construisit une échelle de dix couleurs, allant depuis le blanc (0) jusqu'à l'indigo (10), en passant par les différentes nuances du bleu (*Ozon-scala* de Schœnbein). C'est à cette échelle que M. Schœnbein compare les nuances de son papier réactif.

Pour préparer ce dernier, il prend 1 partie d'iodure potassique, 10 parties d'amidon et 200 parties d'eau; il fait bouillir le tout de façon à obtenir un empois clair, et y trempe du papier Joseph. Celui-ci est séché dans un appartement clos, puis on le découpe en bandelettes. Il faut avoir soin de faire sécher le papier bien également, sinon il se couvre de marbrures, qui nuisent singulièrement à l'appréciation des couleurs.

Le papier réactif ainsi préparé et l'échelle de couleurs constituent l'*ozonomètre* de M. Schœnbein. Pour s'en servir, on suspend à l'air libre l'une des bandelettes, à l'abri des rayons solaires, de la pluie et des émanations putrides. Au bout de douze heures on la retire et on la

trempe dans de l'eau distillée ou simplement dans de l'eau de fontaine très-pure.

On compare alors sa couleur à celle des différents degrés de l'échelle et l'on note le numéro correspondant. En général, on expose un papier réactif de sept heures du matin à sept heures du soir et *vice versa.*

Pour opérer dans de bonnes conditions, il convient de suspendre le papier réactif dans un cylindre de carton ou de zinc, surmonté d'un petit chapiteau et ouvert aux deux extrémités. De cette façon l'air a facilement accès, et le soleil et la pluie ne viennent pas altérer les résultats.

On conçoit facilement que les rayons solaires, frappant le papier réactif, feraient évaporer une partie de l'iode et diminueraient ainsi l'intensité de la coloration. La pluie pourrait aussi entraîner un peu d'iode, et dissoudrait en tout cas une partie de l'iodure potassique.

Pour que les observations faites dans différents endroits soient comparables, il est presque indispensable que tous les ozonomètres soient fabriqués par la même personne. C'est là un des vices de cet appareil, et son auteur est tout le premier à le reconnaître. Du reste, M. Schœnbein fait fabriquer à Bâle des ozonomètres sous sa direction, et tous les observateurs d'Allemagne, ainsi qu'une grande partie de ceux de France, se servent exclusivement de ceux-là.

Un autre défaut capital de cet appareil, c'est que les degrés de l'échelle sont tout à fait arbitraires. On ne connaît pas la quantité absolue d'ozone qu'ils représentent. La coloration des papiers dépend non-seulement de la quantité d'ozone contenue dans l'air, mais encore de la durée pendant laquelle le papier reste exposé, du volume d'air qui a été en contact avec lui, de son humidité, etc. En effet, si dans le même temps il passe une quantité double d'air à la surface du papier, une quantité double d'iodure potassique sera décomposée, quoique la quantité absolue d'ozone reste la même. Si le papier est plus ou moins humide, l'ozone attaquera plus ou moins facilement l'iodure.

On peut aussi se demander si l'iode mis en liberté ne s'évapore pas

plus ou moins suivant la température et la pression barométrique. Si cela arrive, la perte doit être très-minime, car l'amidon retient fortement l'iode en formant avec lui une espèce de combinaison. Cependant M. Schifferdecker (*loc. cit.*) assure avoir observé quelquefois qu'une coloration obtenue au bout de six à huit heures, avait diminué d'intensité à partir de ce moment.

Une autre chance d'erreur réside dans l'appréciation des nuances. Tel observateur trouvera, par exemple, que la couleur du papier réactif répond au n° 3 de l'échelle, et tel autre qu'elle répond au n° 5.

Cela peut arriver d'autant plus facilement que les couleurs de l'*Ozon-scala* sont d'un bleu franc, tandis que la couleur des papiers tire toujours un peu sur le violet. Mais avec un peu d'exercice cette difficulté disparaît rapidement, et l'on arrive à apprécier les colorations d'une façon assez uniforme.

On voit, par tout ce qui précède, que le procédé d'observation est loin d'être rigoureux. On pourrait même être tenté de refuser toute valeur aux données de l'ozonomètre, et attribuer les variations de coloration des papiers, non pas à des variations de la quantité d'ozone, mais à celles de la température, de la force des vents ou de l'humidité. M. Schifferdecker, le rapporteur de la Société météorologique de Kœnigsberg, paraît pencher de ce côté ; mais il ne se base que sur les observations d'une seule année. Nous avons sous les yeux les observations de trois années complètes, et nous sommes loin d'être de son opinion. Nous ne citerons qu'un seul fait qui nous paraît probant.

Pendant tout le mois de novembre et une partie de décembre 1853, l'ozonomètre marqua presque constamment zéro, malgré le vent du nord et une température souvent très-froide, malgré ou plutôt à cause des brouillards très-intenses qui régnèrent pendant tout ce temps. Toutes les conditions physiques étaient donc réunies pour favoriser l'action de l'ozone atmosphérique sur les papiers ozonoscopes, et cependant la moyenne du mois de novembre a été de 1,60 pour la nuit et de 0,52 pour le jour. Une moyenne aussi basse ne s'est représentée

qu'une seule fois dans les trois années, dans le mois d'août 1854 (voy. plus bas, tabl. II).

En résumé, l'ozonomètre de M. Schœnbein est un appareil très-imparfait. Il n'indique pas la quantité absolue d'ozone existant dans l'air, mais il peut fournir des données comparables entre elles. Les conditions météorologiques influent sur ces données et les altèrent un peu; mais elles ne détruisent pas leur valeur comparative.

N'y aurait-il donc pas moyen de perfectionner ou de remplacer l'appareil de M. Schœnbein? On pourrait, par exemple, faire passer quelques centaines de litres d'air à travers une solution titrée d'indigo, maintenue à une certaine température; la quantité de matière colorante détruite permettrait de calculer la quantité d'ozone contenue dans l'air employé (voy. § 2 du chap. IV). Mais, à supposer même que cette analyse quantitative donnât des résultats exacts, ce ne serait pas une opération de nature à être répétée tous les jours, ni surtout deux fois par jour.

Quelques observateurs, le professeur Osann, de Würtzbourg, entre autres, ont essayé de perfectionner l'ozonomètre en augmentant le nombre des nuances et en les disposant sur un écran mobile, de façon à les faire passer successivement devant le papier réactif. Ils pensaient obtenir par là une appréciation plus rigoureuse des couleurs.

Nous croyons que ce perfectionnement de l'échelle n'a qu'une importance secondaire, puisque la principale cause d'erreur provient des influences météorologiques si variables selon l'époque de l'année.

Voici ce que nous proposons pour y remédier : opérer dans un appartement dont la température ne varie que peu; prendre l'air au dehors, dans un endroit convenable, et lui faire parcourir, dans la pièce, un circuit assez long pour qu'il puisse en prendre la température; un tube de caoutchouc remplirait parfaitement ce but. Ensuite on saturerait l'air d'humidité, en le faisant passer à travers un tube en U rempli d'eau. Cet air, ainsi préparé, serait amené dans un petit cylindre de verre renfermant le papier réactif, et on l'y amènerait au moyen d'un grand

aspirateur d'une centaine de litres de capacité, ou mieux d'un petit tarare mis en jeu par un mouvement d'horlogerie. En adoptant le tarare, on aurait un appareil assez commode, facile à appliquer partout et qui ne serait pas plus coûteux qu'un bon baromètre. Toutes les douze heures on remplacerait le papier et on remonterait le tarare.

De cette façon, on opérerait toujours sur un même volume d'air, ayant la même vitesse, la même température et le même degré d'humidité. Les résultats seraient indépendants de toute influence extérieure et parfaitement comparables entre eux.

Nous croyons que ces modifications obvieraient aux principaux inconvénients de l'ozonomètre actuel, et nous regrettons d'y avoir songé trop tard pour pouvoir les mettre a exécution avant l'impression de ce travail.

Une dernière question reste à élucider : combien de fois par jour faut-il remplacer les papiers exposés à l'air ? Nous avons déjà dit qu'en général on les laisse pendant douze heures. Si, au bout de ce temps, le papier est resté incolore, on pourrait le laisser plus longtemps; mais, comme on est obligé de le mouiller pour s'en assurer, il vaut mieux le remplacer par un autre.

Si, au contraire, le papier a atteint la coloration maximum, le n° 10 de l'échelle, on se demande s'il n'eût pas fallu le changer deux ou trois fois dans les douze heures., et additionner les produits. En effet, il arrive quelquefois qu'au bout de six à huit heures, le papier a déjà atteint le maximum de coloration; il est évident que pendant les quatre heures restantes, l'air, quoique saturé d'ozone, n'aura plus d'action sur lui. Dans ces cas, le chiffre 10 n'exprime pas toute la quantité d'ozone ayant agi pendant douze heures. Nous citerons un exemple entre plusieurs : le 29 avril dernier, nous vîmes que notre papier ozonoscope, exposé à huit heures du matin, avait atteint, à deux heures de l'après-midi, le n° 8 de l'échelle. Nous en plaçâmes un second, qui deux heures plus tard présentait déjà la coloration n° 6. Enfin, un troisième donna encore la coloration n° 8, depuis quatre heures de re-

levée jusqu'à huit heures du soir. Ce qui fait pour les douze heures un total énorme de 22 degrés d'ozone.

De prime abord, il paraît logique d'additionner ainsi les chiffres obtenus pendant deux fois six heures, pour avoir le chiffre des douze heures. Mais l'expérience a démontré que la somme de deux observations de six heures donnait toujours un chiffre plus fort qu'une observation de douze heures. De même une observation de vingt-quatre heures donne un chiffre moindre que deux observations de douze heures additionnées.

Voici un petit tableau indiquant le résultat de nos observations à ce sujet.

I.

DATE.	Observations du matin (nuit).	Observations du soir (jour).	Total pour les 24 heures.	Papier laissé pendant les 24 heures.
1855. Juillet 8	2	5	7	6
» 9	3	5	8	7
» 10	0	6	6	5
» 11	8	1	9	7
» 12	5	0	5	4
» 13	3	4	7	6
» 14	2	0	2	1
» 15	1	6	7	6
» 16	2	8	10	8
» 17	5	5	10	7
» 18	6	2	8	7

La différence est toujours de 1-2 degrés en faveur des deux observations de douze heures.

M. Schifferdecker dans son travail est arrivé au même résultat.

Malgré tous ces inconvénients, nous pensons que l'observation de douze heures doit être maintenue. Dans cet espace de temps l'ozonomètre marque trop rarement le n° 10 (à Strasbourg au moins), pour qu'il soit nécessaire de s'astreindre à faire quatre observations dans les vingt-quatre heures.

Un dernier mot à ce sujet : quelques auteurs additionnent l'ozone du jour à celui de la nuit pour exprimer l'ozone de vingt-quatre heures. D'autres prennent la moyenne du jour et de la nuit et disent tel jour, en douze heures, il y a eu en moyenne tant d'ozone. Il est difficile de décider laquelle des deux manières est préférable; en tout cas, pour comparer des observations faites d'après ces deux modes, on n'a qu'à diviser les chiffres des premiers par deux ou multiplier ceux des seconds par le même nombre.

CHAPITRE III.

RÉSULTATS DES OBSERVATIONS OZONOMÉTRIQUES.

II. *Moyennes mensuelles des observations ozonométriques du jour et de la nuit* (ozone pour 12 heures).

MOIS.	OBSERVATIONS du matin NUIT de 8 h. du soir à 8 h. du mat.	OBSERVATIONS du soir JOUR de 8 h. du mat. à 8 h. du soir.	TOTAL pour les 24 heures	TEMPÉRATURE.
1853. Avril	5,33	6,40	11,73	+8,16
» Mai	5,67	6,58	12,25	14,00
» Juin	4,36	6,23	10,60	18,45
» Juillet	3,93	6,58	10,50	21,80
» Août	4,32	6,16	10,50	20,41
» Septembre	3,46	4,83	8,30	15,05
» Octobre	2,93	3,51	6,44	10,25
» Novembre	1,60	0,53	2,13	3,40
» Décembre	3,87	1,80	5,67	—5,06
TOTAL de 1843	35,47	42,62	78,12	
MOYENNE	3,94	4,74	8,68	+11,82
1854. Janvier	5,35	2,87	8,22	+0,02
» Février	7,28	4,57	11,85	—0,40
» Mars	3,45	3,38	6,83	+6,08
» Avril	4,45	4,50	8,95	11,12
» Mai	5,60	3,30	8,90	15,45
» Juin	4,60	3,86	8,46	17,38
» Juillet	3,03	1,90	4,93	21,00
» Août	1,58	0,74	2,32	19,40
» Septembre	3,30	1,60	4,90	15,91
» Octobre	3,15	2,65	5,80	10,38
» Novembre	4,66	2,36	7,03	2,32
» Décembre	6,87	4,58	11,45	+3,07
TOTAL de 1854	53,32	36,31	89,64	
MOYENNE	4,44	3,02	7,47	+10,14
1855. Janvier	5,51	2,13	7,64	—4,36
» Février	6,70	2,10	8,80	—2,50
» Mars	5,48	4,61	10,09	+4,67
» Avril	3,70	2,26	5,96	9,34
» Mai	4,97	4,03	9,00	13,90
» Juin	3,60	3,80	7,40	19,14
» Juillet	2,84	2,82	5,66	20,18
» Août	1,85	2,15	4,00	21,51
» Septembre	1,75	1,53	3,28	15,83
» Octobre	3,07	2,15	5,22	12,35
» Novembre	2,67	1,40	4,07	2,60
» Décembre	6,30	2,84	9,14	—2,65
TOTAL DE 1855	48,44	31,82	80,26	
MOYENNE	4,03	2,65	6,68	+9,33
MOYENNE GÉNÉRALE des années 1854-1855	4,23	2,83	7,07	+9,73
	7,06			

Nous commençons par donner un tableau des observations ozonométriques faites à Strasbourg par le docteur Th. Bœckel. Ce tableau contient les moyennes mensuelles de l'ozone du jour et celles de la nuit, ainsi que les moyennes de température. Il nous aurait paru fastidieux de donner les observations jour par jour. Elles ont été faites à huit heures du matin et à huit heures du soir, d'après le mode indiqué plus haut et avec des papiers réactifs préparés à Bâle.

En parcourant ce tableau, on voit que, pendant la nuit, il y a en général plus d'ozone que pendant le jour. L'année 1853 fait exception à cet égard; mais aussi le calcul ne porte que sur les neuf derniers mois de l'année. Or, pendant les semestres d'été, les moyennes du jour se rapprochent toujours de celles de la nuit et les dépassent même dans quelques mois. Cela tient sans doute à la moindre longueur des nuits dans cette saison.

Nous avons réuni dans le tableau III les moyennes du jour et de la nuit de six semestres, depuis 1853—1856.

III.

OZONE DU JOUR ET DE LA NUIT A STRASBOURG.	MOYENNE des NUITS. — Ozone de 12 heures.	MOYENNE des JOURS. — Ozone de 12 heures.	DIFFÉRENCE.
Semestre d'été 1853 (avril — septembre)	4,51	6,13	1,62 en faveur des jours.
Semestre d'hiver 1853—1854 (octobre — mars) .	4,08	2,77	1,31 en faveur des nuits.
Semestre d'été 1854	3,76	2,65	1,11 id.
Semestre d'hiver 1854 - 1855	5,39	3,07	2,32 id.
Semestre d'été 1855	3,11	2,91	1,20 id.
Semestre d'hiver 1855—1856	4,75	3,37	1,38 id.

La dernière colonne montre que, pendant les semestres d'été 1854 et 1855, la moyenne du jour se rapproche de celle de la nuit à 1,1 et

1,2 près, et qu'en 1853, le jour a dépassé la nuit de 1,6. Pendant les trois semestres d'hiver, les différences entre le jour et la nuit ont été de 1,3 — 2,3 — 1,38 et toujours en faveur des nuits.

MM. Schifferdecker à Kœnigsberg et Simonin père à Nancy ont observé la même chose: leur moyenne des nuits est plus forte que celle des jours. Mais M. Wolff a trouvé tout le contraire; il résulte de ses observations qu'à Berne la réaction de l'ozone pendant la nuit est toujours plus faible que pendant le jour; que la différence est surtout sensible en hiver, et qu'en été les deux chiffres se rapprochent. Voici du reste les chiffres qu'il donne pour 1853 et 1854.

IIIbis.

OZONE DU JOUR ET DE LA NUIT A BERNE.	MOYENNE des NUITS.	MOYENNE des JOURS.	DIFFÉRENCE en faveur des jours.
1853.			
Printemps (mars — mai)	6,43	6,47	0,04
Été (juin — août)	3,47	3,57	0,10
Automne (septembre — novembre)	2,50	3,20	0,70
Hiver (décembre — février)	4,97	5,57	0,60
1854.			
Printemps	4,97	5,17	0,20
Été	3,73	4,37	0,64
Automne	3,10	4,37	1,27
Hiver	5,10	6,00	0,90

A quoi tient cette différence radicale entre les résultats de M. Wolff et les nôtres? Nous ne saurions le dire. Nous connaissons M. Wolff pour un observateur aussi habile que consciencieux, et il s'est servi de

l'ozonomètre de Schœnbein comme nous; il faut donc attendre qu'une expérience plus longue éclaircisse cette question.

Le tableau II rend aussi compte des oscillations mensuelles. Les minima tombent en novembre 1853, août 1854 et septembre 1855. Le minimum de novembre est purement accidentel; il est produit par les brouillards dont nous avons déjà parlé. A Berne, la moyenne des quatre années 1851—1854 fait tomber le minimum sur septembre. C'est donc ce mois qu'on peut considérer comme le plus pauvre en ozone.

Les maxima à Strasbourg se rencontrent en février et décembre 1854 et en mars 1855. En 1853, le maximum des neuf derniers mois de l'année tombe sur mai. A Berne, février l'emporte en moyenne sur tous les autres mois.

Si maintenant on calcule les moyennes par saisons, comme nous l'avons fait dans le tableau IV, on voit que c'est en hiver qu'il y a toujours le plus d'ozone, puis vient le printemps. Ces deux saisons sont

IV. *Moyenne de l'ozone et de la température par saison* (ozone pr 24 heures).

	MOIS.	OZONE.	TEMPÉRATURE.		MOIS.	OZONE.	TEMPÉRATURE.
1853 Automne.	Septembre, Octobre, Novembre.	5,62	+9,56	1854–1855 Hiver.	Décembre, Janvier, Février	9,29	—1,24
1854 Hiver.	Décembre, Janvier, Février	8,58	—1,81	Printemps.	Mars, Avril, Mai	8,35	+9,30
Printemps.	Mars, Avril, Mai	8,22	+10,88	Été.	Juin, Juillet, Août	5,68	+20,28
Été.	Juin, Juillet, Août	5,23	+19,26	Automne.	Septembre, Octobre, Novembre.	4,19	+10,26
Automne.	Septembre, Octobre, Novembre.	5,91	+9,53	1856 Hiver.	Décembre, Janvier, Février	9,61	+2,06

toujours au-dessus de la moyenne générale. L'été et l'automne, très-rapprochés entre eux, sont toujours au-dessous de cette moyenne; en 1854, c'est en été qu'il y a eu le moins d'ozone, et en 1853, c'est en automne. Dans les tableaux de Berne, il y a en général un peu moins d'ozone dans la seconde saison que dans la première. Nous ne parlons pas ici de l'été 1853 observé à Strasbourg, dont la moyenne est 10,50; ce chiffre est exceptionnel et nous ne pouvons pas le comparer à l'hiver de la même année.

CHAPITRE IV.

INFLUENCE DES AGENTS ATMOSPHÉRIQUES SUR LA PRODUCTION DE L'OZONE.

Les variations du *baromètre* n'ont aucun rapport appréciable avec celles de l'*ozonomètre*.

La *température*, à première vue, paraît influer d'une manière plus directe sur l'ozone. En hiver il y a plus d'ozone qu'en été, et la nuit plus que le jour. Cependant les mois les plus froids (voy. tabl. II) ne sont pas ceux qui donnent le plus d'ozone, ni les mois les plus chauds ceux qui en donnent le moins. On peut dire cependant que, *toutes choses égales d'ailleurs*, la quantité d'ozone est en raison inverse de la température.

M. Schifferdecker dit dans son travail qu'il y a un rapport assez intime entre les oscillations de l'*hygromètre* et celles de l'ozonomètre; que cependant, de temps à autre, on remarque un manque de coïncidence entre les deux données; et il ajoute, un peu plus loin, que la quantité d'ozone est proportionnelle à la force du vent, combinée à l'humidité de l'air.

En consultant nos registres d'observation, nous sommes amené à douter fortement que l'humidité accusée par l'hygromètre soit pour quelque chose dans la production de l'ozone. Sans doute, lorsqu'il se fait des précipitations de vapeurs d'eau dans l'atmosphère, on y trouve en même temps beaucoup d'ozone. Mais ce n'est pas l'eau en vapeur ou en suspension qui en est cause, c'est le phénomène de la précipi-

tation des vapeurs, comme nous le verrons un peu plus bas. La dissolution ou la suspension de ces mêmes vapeurs dans l'air (et c'est ce qui constitue l'humidité proprement dite) ne fait pas monter l'ozonomètre ; au contraire. Pour le prouver, nous citerons le mois de novembre 1853, dont nous avons déjà parlé. Pendant ce mois il a régné des brouillards très-intenses ; l'hygromètre était toujours près de 100° et l'ozonomètre près de 0. Vers le milieu du mois suivant, les brouillards disparurent et aussitôt les papiers ozonocopes prirent une coloration très-intense. Pendant le mois de novembre 1855 ce fait s'est reproduit, quoique d'une manière moins tranchée, et, en général, les brouillards, même isolés, font descendre l'ozonomètre à zéro.

Si nous ne sommes pas d'accord avec M. Schifferdecker sur cette question, nous sommes au moins pleinement de son avis pour attribuer aux *vents violents* une grande influence sur la production de l'ozone. Tous les ouragans que nous avons observés ont été suivis d'une réaction très-forte de l'ozone et souvent de la réaction maximum. Chez nous, ce sont presque toujours les vents de sud-ouest qui amènent ces perturbations.

Les *orages* sont aussi suivis régulièrement d'une augmentation notable d'ozone, au moins ceux qui éclatent en plein sur le lieu d'observation. Nous avons constaté plusieurs fois qu'en exposant un papier ozonoscope au début d'un orage, il présentait déjà des traces de coloration au bout d'un quart d'heure ou d'une demie-heure. Lorsque les orages sont plus ou moins éloignés, ils ne modifient pas les indications de l'ozonomètre.

Les *grêles* sans orage, que nous n'avons d'ailleurs observées que très-rarement, n'ont paru exercer aucune action, ni positive, ni négative, sur la marche de l'ozone.

La *neige* est toujours accompagnée d'une très-forte réaction de l'ozone. Tous les observateurs ont remarqué ce fait.

Pour la *pluie*, la chose est moins évidente, ou plutôt moins constante. Les pluies fortes et brusques donnent lieu à une augmentation

d'ozone; il n'en est pas de même des pluies fines et continues. M. SCHIFFERDECKER a d'ailleurs constaté que la moyenne d'ozone des jours de pluie est plus élevée que celle des jours sereins.

Un tremblement de terre, qui s'est présenté dans le cours des trois années 1853—1856 (25 juillet 1855), n'a causé ni augmentation ni diminution extraordinaire de l'ozone.

En général, tous les phénomènes météorologiques qui sont accompagnés d'un fort dégagement d'électricité, produisent aussi une forte réaction de l'ozonomètre.

Il paraît donc probable que l'électricité atmosphérique est la principale cause productrice de l'ozone.

On nous objectera peut-être que les brouillards qui, d'après DE SAUSSURE, donnent toujours lieu à un développement notable d'électricité, réduisent cependant l'ozonomètre à zéro. Voici ce que dit KÆMTZ à cet égard (*Cours de météorologie*, traduit par MARTINS; Paris 1843, page 342) : « L'opinion reçue sur l'augmentation de l'électricité pendant les brouillards demande à être soumise à de nouvelles expériences. D'après mes observations de Halle, je serais tenté de croire qu'avec le brouillard l'électricité est plus faible que par un temps clair et humide. Sur les Alpes, j'ai toujours trouvé dans ces dernières circonstances une forte électricité positive; mais dès que des nuages s'approchaient, son intensité diminuait, et elle était presque nulle quand j'étais entouré de nuages : à Halle, même remarque. »

L'électricité des brouillards est donc très-contestable.

D'après le même auteur, on n'observerait pas de traces d'électricité pendant les pluies douces et continues : ce qui peut expliquer pourquoi ces pluies ne sont pas suivies d'une forte réaction de l'ozone. Pour achever de prouver que c'est l'électricité qui produit l'ozone dans l'air, il faudrait comparer les oscillations journalières et mensuelles de l'électricité et de l'ozone dans un même endroit. Ce travail n'a pas été fait jusqu'ici. Nous avions songé à l'entreprendre; mais nous avons reculé devant les difficultés dont l'observation de l'électricité est hérissée, surtout dans l'intérieur d'une ville.

CHAPITRE V.

INFLUENCE DES LOCALITÉS SUR LES RÉACTIONS DE L'OZONOMÈTRE.

Les localités n'influent pas moins sur les réactions de l'ozonomètre que les saisons et les accidents atmosphériques.

Dans les campagnes il y a plus d'ozone que dans les villes; à une certaine élévation il y en a plus qu'au niveau du sol. Enfin, dans un endroit où l'air n'a qu'un accès restreint, les émanations animales ou végétales peuvent diminuer l'ozone ou même le faire disparaître complétement.

Nous donnons un peu plus loin les tableaux des observations ozonométriques faites en même temps : 1° à Strasbourg, dans le lieu ordinaire de nos observations, au centre de la ville; 2° à la campagne à 3 kilomètres de la ville, et 3° sur la plate-forme de la cathèdrale de Strasbourg, à 70 mètres au-dessus du sol.

V. *Ozone en ville, à la campagne et sur la cathédrale* (ozone pr 12 heures).

DATE. — 1855.	VILLE		CAMPAGNE		CATHÉDRALE		DATE. — 1855.	VILLE		CAMPAGNE		CATHÉDRALE	
	Nuit.	Jour.	Nuit.	Jour.	Nuit.	Jour.		Nuit.	Jour.	Nuit.	Jour.	Nuit.	Jour.
1er août . .	1/2	0	—	—	4	5	24 » . .	1	0	0	0	5	4
2 » . .	1	0	—	—	6	4	25 » . .	0	0	1	2	4	3
3 » . .	1	0	—	—	4	3	26 » . .	1	5	1	1	3	4
4 » . .	4	2	—	—	5	6	27 » . .	1	1	0	1	6	7
5 » . .	6	4	—	—	6	6	28 » . .	1	1	1	1	6	3
6 » . .	3	5	—	—	5	6	29 » . .	0	0	2	0	5	4
7 » . .	4	5	—	—	6	5	30 » . .	0	1/2	0	2	3	4
8 » . .	0	2	—	—	7	6	31 » . .	1/2	1/2	1	0	7	5
9 » . .	5	6	—	—	6	7	1er sept. .	1/2	0	1	0	8	6
10 » . .	0	3	—	—	7	7	2 » .	3	4	2	1	7	7
11 » . .	0	6	—	—	5	6	3 » .	7	0	5	1	9	7
12 » . .	0	2	—	—	6	7	4 » .	0	0	3	2	7	8
13 » . .	1/2	1	—	—	6	7	5 » .	0	3	4	3	7	6
14 » . .	7	5	—	—	8	7	6 » .	5	3	0	1	7	5
15 » . .	3	6	4	6	6	7	7 » .	3	3	4	3	7	7
16 » . .	5	2	5	4	6	5	8 » .	4	0	4	2	6	7
17 » . .	0	0	3	2	5	6	9 » .	0	4	2	5	6	7
18 » . .	0	2	2	2	6	8	10 » .	3	2	6	1	8	7
19 » . .	3	2	4	3	6	6	11 » .	2	0	5	3	7	8
20 » . .	6	4	5	2	7	8	12 » .	2	0	6	2	8	5
21 » . .	3	0	2	1	7	7	13 » .	0	0	2	3	5	6
22 » . .	0	1	1	0	4	3	14 » .	1/2	0	3	4	6	7
23 » . .	1	0	0	0	4	4	15 » .	4	5	6	4	9	7

V^bis^. *Ozone en ville et à la campagne* (ozone pour 12 heures).

DATE. — 1855.	VILLE		CAMPAGNE		DATE. — 1855.	VILLE		CAMPAGNE	
	Nuit.	Jour.	Nuit.	Jour.		Nuit.	Jour.	Nuit.	Jour.
1er mai.	4	1	5	3	13 mai	5	3	6	7
2 »	2	1	4	3	14 »	7	5	8	3
3 »	2	1	3	3	15 »	5	5	9	7
4 »	1	0	3	2	16 »	4	5	3	7
5 »	4	1	6	2	17 »	7	8	6	6
6 »	6	5	7	5	18 »	3	5	8	6
7 »	5	0	6	2	19 »	3	5	7	5
8 »	5	6	6	6	20 »	3	3	7	6
9 »	6	3	8	5	21 »	4	5	5	5
10 »	6	5	8	6	22 »	8	8	6	8
11 »	8	8	10	8	23 »	6	3	7	4
12 »	7	4	9	5					

Nos observations faites à la campagne sont fragmentaires; on en a malheureusement perdu une partie, mais ce qui en reste suffit pour démontrer qu'à la campagne il y a toujours plus d'ozone qu'en ville. Quelques jours des mois d'août et de septembre font seuls exception à la règle; pendant ces jours le choléra sévissait dans le village du Neudorf, situé à peu de distance du lieu de nos observations (voy. *Le choléra au Neudorf*, par le docteur Robert. *Gaz. méd. de Strasbourg*, novembre 1855). Est-ce là la cause de cet abaissement de l'ozone? Nous en parlerons dans la troisième partie. Au haut de la cathédrale, l'excédant d'ozone est considérable et soutenu, ce qui est en rapport avec la forte quantité d'électricité qui existe toujours dans les régions élevées de l'atmosphère.

Dans un appartement clos, non habité, le papier réactif ne donne des traces de coloration qu'au bout de quatre à cinq jours et cela se comprend facilement. Car, à l'état normal, l'air contient tout au plus un 1/10,000 d'ozone; il faut donc que l'air de la pièce ait le temps de se renouveler avant de communiquer une coloration appréciable au papier.

Dans une chambre fermée et habitée on ne trouve pas trace d'ozone; ce gaz est probablement détruit par les émanations que l'odorat nous signale bientôt dans un lieu pareil.

D'après cela, nous étions curieux de savoir dans quel état se trouvait l'air de nos salles d'hôpital, où la ventilation ne se fait guère que par les portes et par les fenêtres. A cet effet, nous avons expérimenté du 20 mai au 2 juin 1855. Pendant ce temps, la température est restée assez élevée pour que les fenêtres des salles restassent ouvertes toute la journée. L'air extérieur marquait en moyenne, pendant ces douze jours, 5,1 à l'ozonomètre. Des papiers réactifs furent exposés matin et soir dans les salles 8, 23 et 106. Les deux premières étaient alors notoirement malsaines et encombrées de malades. La dernière, au contraire, située au deuxième étage, nouvellement bâtie, assez vaste, n'était occupée que par seize malades du service de chirurgie. Pendant la nuit, les papiers restèrent constamment blancs dans les trois salles. Pendant le jour, nous n'eûmes qu'*une seule fois* une légère coloration dans les salles 23 et 8, quoique les fenêtres fussent largement ouvertes dès le matin.

Dans la salle 106, l'ozonomètre arriva régulièrement pendant les douze jours au n° 1 ou 2 de l'échelle. Il était donc évident que l'air de cette dernière salle n'était pas vicié dans ses principes comme celui des deux autres.

Pendant la même série de jours nous fîmes des expériences ozonométriques à l'amphithéâtre de dissection. Il y avait de deux à huit cadavres, dont aucun n'y resta plus de soixante-douze heures. Pendant le jour, les fenêtres restèrent ouvertes et nous vîmes d'ordinaire une légère coloration du papier. Cependant il y resta toujours un peu d'odeur. Cela prouve que si les miasmes sont détruits par l'ozone, ils ne le sont pas instantanément.

Dans des écuries ou des lieux d'aisances, nous n'obtînmes jamais qu'une coloration insignifiante des papiers ozonoscopes.

CHAPITRE VI.

RÔLE DE L'OZONE ATMOSPHÉRIQUE.

Après avoir exposé les propriétés chimiques et physiques de l'ozone, après avoir prouvé qu'il fait normalement partie de l'atmosphère, il nous reste à dire en quelques mots quel est le rôle qu'il est appelé à remplir dans l'économie de la nature.

Ce rôle, si longtemps ignoré, n'est pas sans importance.

C'est l'ozone qui produit toutes ces oxydations lentes, mais actives, qui se passent journellement sous nos yeux et qu'on a attribuées à l'oxygène ordinaire sans pouvoir les expliquer.

Une foule de substances, et le fait est surtout frappant pour les métaux, se conservent intactes dans l'oxygène pur ou dans l'air non renouvelé; exposées à l'air libre, elles se rouillent, se recouvrent d'une couche d'oxyde plus ou moins épaisse.

Pour expliquer ces phénomènes, on a eu recours à des hypothèses très-compliquées; on a fait intervenir l'eau, l'ammoniaque, une action voltaïque, etc.

Cependant l'ozone en rend parfaitement compte. En effet, un volume d'air limité, circonscrit, renferme une quantité d'ozone si minime qu'on ne peut constater aucun de ses effets; mais, que l'air se renouvelle librement, et quelque petite que soit la proportion d'ozone, il en résultera des effets très-sensibles. Ne sait-on pas que toute cette immense quantité de carbone accumulée dans les végétaux provient des quelques dix-millièmes d'acide carbonique contenus dans l'atmosphère.

En raison de ses propriétés oxydantes, l'ozone doit aussi concourir à purifier l'air des miasmes qui viennent le souiller. Nous avons déjà vu que l'hydrogène sulfuré, l'hydrogène carboné, l'ammoniaque, étaient brûlés par l'ozone. On peut admettre la même chose des miasmes, quoique leur composition chimique soit encore ignorée. Voici des expé-

riences qui prouvent cette réaction : lorsqu'on fait passer un courant d'air ozonisé à travers un flacon contenant de la chair en putréfaction, toute odeur disparaît en très-peu de temps (Schœnbein). M. Clemens a constaté le même fait ; de plus, il prit de l'eau d'un marais (*Recherches sur les miasmes*, *loc. cit.*), l'infecta au moyen d'avoine ergoté et de matières animales putréfiées, et y plaça six grenouilles et six tritons parfaitement vivaces. Au bout d'une heure et quart tous ces animaux avaient péri. Après avoir enlevé leurs cadavres, il fit passer à travers le petit marais artificiel un courant d'air ozonisé, qui fit promptement disparaître l'odeur de putréfaction. Il replaça alors six grenouilles et six tritons dans la même eau. Au commencement ils parurent un peu incommodés par l'ozone en excès qui restait dans le vase ; mais bientôt ils reprirent leur vivacité et y restèrent encore plus de huit heures pleins de vie. M. Clemens a répété cette expérience un grand nombre de fois.

L'ozone décompose donc presque instantanément des miasmes capables de détruire en peu d'heures des animaux aussi réfractaires à leur action que les grenouilles et les tritons.

En est-il de même pour tous les miasmes ? C'est ce que nous ne saurions affirmer ; mais, du moins, peut-on le supposer avec quelque probabilité.

Qui ne connaît d'ailleurs l'action bienfaisante des orages ? L'air est lourd, étouffé, empesté de miasmes ; les animaux et les plantes languissent également. Tout à coup le tonnerre gronde, de puissantes décharges électriques se succèdent dans l'atmosphère et lui rendent des qualités indispensables à la vie des êtres organisés. Le léger abaissement de température et l'augmentation de pression qui suivent les orages ne donnent pas la clef de ce changement subit. L'air était non-seulement raréfié mais vicié ; ce n'était pas tant l'oxygène ordinaire qui faisait défaut que l'oxygène actif. En effet, ce dernier corps paraît être un stimulant nécessaire à notre organisme. Quand il vient à manquer, on observe chez beaucoup de personnes comme un affaiblissement général

de l'économie : elles souffrent d'insomnie, d'angoisses, de lassitudes; l'appétit est nul et les digestions pénibles. Le docteur Th. Bœckel a appelé l'attention sur ces symptômes dans ses bulletins de météorologie des mois d'août 1854 et 1855, et d'ailleurs on les avait remarqués depuis fort longtemps chez certaines personnes nerveuses à l'approche des orages, c'est-à-dire dans des moments où il y a en général fort peu d'ozone. On nous dira peut-être que ce n'est pas le manque d'ozone qui produit cet état morbide, mais la peur, la peur du choléra (il a régné en août 1854 et 1855), ou celle des orages. Cela peut être le cas chez certaines personnes; mais chez beaucoup d'autres on ne peut pas invoquer cette cause.

L'ozone joue aussi un certain rôle dans la vie des végétaux. M. Schœnbein a découvert que certaines plantes contiennent des principes excitateurs de l'oxygène. Ainsi, une tranche fraîche de pomme de terre, arrosée de teinture de gayac, la bleuit au contact de l'air. La couleur bleue est surtout intense au voisinage des bourgeons. Le suc de certaines espèces de champignons, celui de l'*agaric sanguin*, bleuit la teinture de gayac, même hors du contact de l'air, preuve qu'il renferme une certaine quantité d'oxygène actif en dissolution, comme l'essence de térébenthine ozonisée (*Arch. de* Vierordt, 1856).

Il est assez probable que le sang des animaux contient aussi des principes excitateurs de l'oxygène, et que l'oxygène du sang est à peu près dans le même état que celui qui est dissout dans l'essence de térébenthine. Nous avons déjà essayé quelques recherches à ce sujet; mais elles sont trop incomplètes pour que nous puissions en tirer quelque conclusion. Aussi nous empressons-nous de quitter le terrain glissant des hypothèses pour aborder la troisième partie de notre travail.

III. PARTIE PATHOLOGIQUE.

Il nous reste maintenant à examiner le rôle de l'ozone dans la pathogénie.

Que ce gaz si irritant soit accumulé dans l'air, il en résultera des irritations et des inflammations des voies respiratoires avec lesquelles il est mis en contact à chaque inspiration. Qu'au contraire il fasse défaut dans l'atmosphère, et les miasmes se développeront sans limites et engendreront les maladies qui leur sont propres. Voilà ce qu'on peut supposer et ce qu'il s'agit de vérifier par tous les moyens dont nous disposons.

Ces moyens sont principalement de deux espèces : 1° L'*expérimentation directe*, qui consiste à faire vivre les animaux dans un milieu fortement ozonisé et à observer les accidents qui se produisent ; 2° la *statistique*, qui nous montre quelles sont les maladies coïncidant avec un excès ou un défaut d'ozone dans l'air.

Sans doute la statistique ne peut nous donner que des coïncidences, mais si les coïncidences se répètent assez souvent, on pourra conclure à une relation de cause à effet. Dans un sujet comme le nôtre, on ne peut que rarement invoquer des preuves plus concluantes.

CHAPITRE PREMIER.

MALADIES DES VOIES RESPIRATOIRES.

Nous commencerons par rapporter les expériences faites sur les animaux. En 1850, le docteur Schwartzenbach communiqua un mémoire très-intéressant sur ce sujet à la Société médicale de Würtzbourg. Il fit ses expériences en plaçant des lapins dans de grands cylindres en verre, dont l'air avait été préalablement ozonisé au moyen du

phosphore et puis agité avec de l'eau pour enlever les vapeurs d'acide phosphorique qui auraient pu s'y trouver. Un papier ozonoscope plongé dans les vases bleuissait presque instantanément.

Les lapins furent laissés en général pendant deux heures dans les cylindres, qu'on remplaçait à mesure que l'ozone y était épuisé, et ils consommèrent ainsi de 50 à 60 litres d'air ozonisé. Ils moururent soit immédiatement après, soit dans la journée. Les symptômes observés pendant l'expérience furent une dyspnée très-forte, qui se montra au bout d'un temps fort court; de la toux ou plutôt des expirations brusques, comme destinées à chasser un oorps étranger; puis de la faiblesse dans les jambes et une espèce d'ivresse; enfin, du refroidissement, des râles trachéaux, de l'écume à la bouche et la mort avec des mouvements convulsifs.

A l'autopsie, on trouva régulièrement un engouement séroso-sanguin des poumons très-considérable. Ceux-ci étaient un peu emphysémateux sur les bords et d'un rouge foncé. Bronches remplies d'une grande quantité de sérosité spumeuse. Veines fortement gorgées d'un sang noir.

Une dizaine de lapins furent tués de cette façon et présentèrent tous les mêmes lésions.

Dans une autre expérience, on laissa un lapin pendant une heure seulement dans le vase de verre ozonisé. Au bout de ce temps, il montra de la dyspnée; mais se remit bientôt. — Le surlendemain, on replaça le même animal pendant une heure dans de l'air ozonisé. Dyspnée forte. Respiration puérile à l'auscultation. Pas de râles. Ivresse. Perte de la sensibilité. L'animal se rétablit en partie. — Deux jours plus tard, nouvelle ozonisation pendant une heure. Dyspnée extrême. Râles trachéaux. Mort quelque temps après l'expérience. L'autopsie donna les mêmes résultats que pour les autres.

Un pigeon mourut de même par l'ozone, mais après avoir résisté plus longtemps à l'action délétère de ce gaz. De petits mammifères, tels que des souris, etc., succombèrent au contraire en quelques minutes.

M. Schwartzenbach chercha à savoir quelle était la quantité d'ozone contenue dans les 60 litres d'air nécessaires pour tuer un lapin. Il fit un grand nombre d'analyses et trouva qu'en moyenne 60 litres d'air fortement ozonisé transformaient $0^{gr},17$ d'argent en peroxyde, c'est-à-dire produisaient $0^{gr},20$ de peroxyde d'argent. Or, $0^{gr},20$ de peroxyde contiennent $0^{gr},03$ d'oxygène. Il suffit donc de $0^{gr},03$ d'ozone mêlés à 60 litres d'air, ou, pour exprimer le rapport en fraction, il suffit que l'air contienne à peu près 1/2000 de son poids d'ozone pour tuer un lapin en deux heures.

Ce procédé d'analyse au moyen de l'argent donne un chiffre qui nous semble trop faible; mais le résultat prouve toujours qu'une quantité très-minime d'ozone peut produire des effets mortels.

Les professeurs Schœnbein et Miescher de Bâle ont fait des expériences semblables sur les animaux et sont arrivés aux mêmes résultats que M. Schwartzenbach. Leurs observations n'ont pas encore été publiées, mais ils ont eu la bonté de nous les communiquer.

Sans avoir encore connaissance de ces travaux, nous avions entrepris, de notre côté, d'expérimenter l'action de l'ozone sur l'organisme animal, mais en suivant une voie un peu différente, comme on va en juger: nous nous servîmes d'une cage en bois ayant 150 décimètres cubes. Le plancher de l'appareil est formé par une espèce de tiroir en zinc, destiné à recevoir les excréments des animaux et à permettre un nettoyage facile. L'une des parois est vitrée et les trois autres percées d'ouvertures d'un décimètre carré. Celles-ci conduisent sur de petites consoles, placées à l'intérieur de la cage et protégées par un treillage en fil de fer. On peut y placer des soucoupes avec du phosphore et de l'eau. De cette façon l'air qui entre dans la cage se charge d'ozone en passant sur le phosphore, et l'on peut diminuer ou augmenter l'ozonisation en mettant plus ou moins d'eau dans les soucoupes. Tout l'acide phosphorique qui se forme, se dissout dans cette eau; au moins l'air de la cage n'a jamais rougi le papier de tournesol. Nous nous sommes aussi assuré à différentes reprises, au moyen d'une bougie enflammée,

que le phosphore n'enlevait à l'air que de petites quantités d'oxygène.

Expérience Ire. Nous mettons, le 17 juin 1855, dans la matinée, deux lapins demi-adultes dans la cage sans phosphore. Ils mangent avec avidité dans la journée et sont très-vifs.

Le 18 juin, on garnit les rayons de phosphore. Ils ne mangent plus pendant le reste de la journée et se tiennent blottis dans un coin. Un papier ozonoscope bleuit au maximum en trois heures.

Le 19 juin. Ozonisation très-forte; un papier bleuit en un quart d'heure. L'un des lapins, gris de couleur, se tient dans un coin la tête fortement renversée sur le dos, les paupières à demi-closes; dyspnée extrême; de temps à autre il titube, tombe sur le côté, puis se remet dans sa première posture. Mort à deux heures après midi.—Son camarade, de couleur noire, moins malade le matin, succombe dans la soirée avec les mêmes symptômes.

Autopsie. Chez les deux animaux, on trouve à peu près les mêmes lésions : veines et cavités droites du cœur remplies de caillots noirs très-consistants ; le centre des caillots commence déjà à se décolorer. Trachée fortement injectée, violacée, remplie de sérosité spumeuse. Dans les bronches, la sérosité est mêlée de quelques stries mucoso-purulentes. Poumons emphysémateux, d'un rouge vif, offrant beaucoup de plaques brunes privées d'air. A l'incision, il s'écoule beaucoup de sang et de sérosité. Des petites bronches, il sort une gouttelette blanchâtre de muco-pus. Bronchite. Engouement sanguin. Œdème pulmonaire intense.

Expérience II. Un autre lapin, soumis le 21 juin à une atmosphère fortement ozonisée, périt en 24 heures. A l'autopsie, on trouve un engouement séroso-sanguin, de la sérosité spumeuse dans les bronches, mais pas de trace de bronchite.

Expérience III. Le 30 juin, un lapin adulte très-vigoureux est mis dans la cage sans phosphore.

Le 2 juillet, il se porte très-bien; alors on commence à établir une ozonisation assez-faible. Pendant la journée il ne paraît pas souffrir beaucoup et mange plusieurs fois.

3 juillet, au matin. Inquiétude, abattement. Respiration un peu accélérée, thoracique.

4 juillet, à midi. Depuis vingt-quatre heures l'animal n'a plus mangé. Dyspnée très-forte, anxiété. Faiblesse. Peau complétement froide. Un papier ozonoscope bleuit en quatre heures.—On enlève le phosphore qui a séjourné cinquante heures dans la cage, et on renouvelle l'air.

5 juillet. Le lapin ne se réchauffe pas. Toujours de la dyspnée. Mort à trois heures après midi.

Autopsie. Veines et cavités droites du cœur distendues par des caillots sanguins très-consistants, d'un noir foncé dans les veines et complétement décolorés dans le cœur. — Trachée vivement injectée, violacée à partir de la glotte, contenant un exsudat blanc jaunâtre, assez mou, semblable à du fromage blanc. Cet exsudat forme un cylindre plein, peu cohérent, d'un diamètre moins considérable que la trachée et s'étendant jusque dans les plus petites bronches. Mais dans ces dernières il est plus blanc, plus liquide et renferme quelques bulles d'air. Examiné au microscope, il se présente sous forme d'une masse finement granulée, sans structure apparente, dans laquelle se trouvent enchâssés des globules muqueux et des cylindres d'épithélium. La masse ne se dissout ni dans l'acide acétique, ni dans la potasse, et paraît être de la fibrine. — Le pharynx et les narines ne sont pas injectés, mais renferment un mucus hyalin très-abondant et dans lequel nagent des flocons arborisés de l'exsudat bronchique. — Les poumons sont emphysémateux et œdématiés; on y voit de larges marbrures brunes, indiquant une stase sanguine. Emphysème. Œdème pulmonaire. Bronchite fibrineuse générale. Sang très-plastique.

Expérience IV. Deux pigeons sont enfermés le 15 juillet dans la cage, munie de phosphore, mais dont la porte reste entr'ouverte, de façon que l'air pur ait accès.

Jusqu'au 22, les pigeons ne paraissent pas incommodés par l'ozone; ils mangent avec avidité. Alors on ferme complétement la porte de la cage pour rendre l'ozonisation plus complète.

25 juillet. Depuis la veille, le pigeon blanc éprouve de la dyspnée. Respiration accélérée, thoracique. Prostration; il ne mange plus. Le noir ne paraît pas souffrir, mais il mange beaucoup moins que précédemment. Un papier ozonoscope bleuit au maximum en quatre heures.

Le 27, on trouve le pigeon blanc couché dans un coin, ne pouvant plus se tenir sur ses jambes. Cinquante à soixante inspirations par minute. Le soir, on le tue.

Le pigeon noir a également une respiration très-fréquente; depuis deux jours il n'a plus touché à sa nourriture. On enlève le phosphore et l'on aère largement la cage pour voir si l'animal pourra se remettre.

Autopsie du pigeon blanc. — Les deux poumons sont complétement adhérents aux parois thoraciques, d'une couleur rouge brun, très-foncée, sauf les parties antérieures et supérieures, qui sont restées d'un rose vif. Ces dernières parties crépitent encore à la pression; tout le reste ne contient plus d'air et tombe au fond de l'eau. A la section, il s'en écoule une grande quantité de sang et un peu de sérosité. Les bronches laissent échapper des gouttelettes de pus. Engouement pulmonaire. Bronchite.

29 juillet. Le pigeon noir a repris sa vivacité; il respire facilement et mange bien. Pas de phosphore.

4 août. On remet du phosphore dans les soucoupes.

6. Dyspnée. Le pigeon refuse la nourriture.

8. Le phosphore ne dépasse plus le niveau de l'eau; très-peu d'ozone. Aussi l'animal est beaucoup moins souffrant.

Le 10, il est assez bien; mais sa respiration reste fréquente. — Peu d'ozone.

Le 12, il dévore avec avidité la nourriture qu'on lui apporte; mais il a toujours un peu de gêne dans la respiration. — On remet du phosphore, et à trois heures du soir on trouve le pigeon mort.

Autopsie. — Gésier rempli de grains. Estomac presque vide. — Trachée pâle, sans trace d'injection, ne renfermant qu'un peu de muco-

sité spumeuse. — Poumons volumineux, complétement adhérents et portant une impression profonde des côtes. A la partie supérieure, il reste quelques lobules roses et crépitants ; le reste est friable, ne renferme plus d'air et a, en général, une couleur brune, très-foncée. Quelques lobules tranchent par leur couleur rouge-brique. Toute la surface des poumons est parsemée de petits points jaunes, faisant relief; en les incisant, il s'en écoule un pus épais et crêmeux. La section du poumon donne issue à du sang et à de la sérosité ; dans les petites bronches, on trouve un mucus blanc et spumeux. — Pneumonie lobulaire à différents degrés, en partie suppurée. Bronchite capillaire.

En somme, nos expériences montrent que l'ozone à forte dose (1/2000 peut-être) produit rapidement un engouement pulmonaire mortel. A dose plus faible, mais longtemps continuée, il provoque des bronchites intenses et des pneumonies. En graduant davantage encore son action, on arriverait sans doute à produire des tubercules pulmonaires. Le sang des animaux tués par l'ozone offre une grande richesse en fibrine, et sa couleur noire indique qu'il s'y passe une oxydation active.

La grande résistance des oiseaux à l'action délétère de l'ozone est très-remarquable ; car d'ordinaire ils succombent beaucoup plus vite dans un air vicié que les mammifères. Cela prouve une fois de plus que l'ozone ne tue pas par privation d'oxygène, mais bien par un excès d'oxygénation. Or, chez les oiseaux cette fonction est beaucoup plus active à l'état normal que chez les mammifères; il est donc tout naturel qu'ils résistent mieux que ces derniers à l'ozone. D'ailleurs, ne sont-ils pas destinés à vivre dans les régions élevées de l'atmosphère, c'est-à-dire dans un milieu qui contient toujours une forte proportion d'ozone ? Ils ne doivent donc pas être très-sensibles à son action.

On n'a pas encore observé sur l'homme les effets d'une forte quantité d'ozone. Cependant dans les fabriques d'allumettes chimiques on en aurait sans doute l'occasion. Tous les auteurs sont d'ailleurs d'accord pour dire que les ouvriers de ces fabriques sont sujets à de fréquentes bronchites et à la phthisie, et probablement que l'ozone doit en être accusé.

M. le docteur Clemens, de Francfort (*Wirk. der das Ozon zerst. Gase, loc. cit.*), a pu faire la contre-épreuve de nos expériences sur les animaux. Il est médecin d'une fabrique dans laquelle vingt à trente ouvriers sont occupés à distiller du goudron de houille pour en extraire de la naphtaline.

Pendant cette préparation, il s'échappe de grandes quantités d'hydrogène sulfuré, d'hydrogène carboné et d'ammoniaque, gaz qui détruisent l'ozone. Aussi, dans l'enceinte de la fabrique, il n'a jamais pu découvrir trace d'ozone dans l'air, tandis qu'au dehors il y en avait souvent beaucoup.

Les ouvriers travaillent ordinairement dans des ateliers ayant de 30 à 35° de chaleur, et sont, par conséquent, exposés à des changements de température très-brusques, surtout en hiver. Eh bien, malgré ces conditions défavorables, M. Clemens n'a eu à traiter dans le cours de trois années (1846-1849), en fait d'inflammations des voies respiratoires, que quatre angines catarrhales, et voici dans quelles circonstances : quatre ouvriers, après cinq semaines de séjour continu dans la fabrique, allèrent passer le dimanche à quelques lieues de là dans leur famille. Il y avait ce jour-là beaucoup d'ozone dans l'air. Le lundi ils revinrent tous affectés d'angine.

Il paraît donc que les vapeurs de goudron, d'ammoniaque, d'hydrogène carboné, etc., quelque irritantes qu'elles soient, préservent des affections pulmonaires. Maintenant est-ce uniquement par destruction de l'ozone qu'elles préservent? C'est ce que nous ne voudrions pas affirmer.

M. Clemens rapporte encore dans son mémoire, que, vers la fin de juin 1849, onze chevaux de selle de Francfort contractèrent des pneumonies pour avoir couru contre un vent du sud très-fort et très-riche en ozone. La plupart moururent.

Le docteur Spengler (*loc. cit.*) a observé, en janvier 1847, une épidémie de grippe très-intense dans un village du Mecklembourg. Tous les habitants, à peu d'exceptions près, en furent affectés à des degrés

variables; un certain nombre d'enfants et de vieillards moururent. Il y avait beaucoup d'ozone dans l'air pendant la durée de l'épidémie.

D'autres auteurs parlent aussi d'épidémies de grippes coïncidant avec une forte ozonisation de l'atmosphère; mais c'est en termes trop vagues pour que nous puissions nous y arrêter.

M. Schifferdecker est le premier qui a publié une statistique de toutes les maladies d'une année, mises en regard avec l'ozone. Un certain nombre de médecins de Kœnigsberg se sont entendus pour noter exactement l'époque d'invasion des maladies qu'ils étaient appelés à traiter, et c'est à l'aide de ces données que M. Schifferdecker a construit ses tableaux statistiques. On n'y trouve pas une coïncidence bien rigoureuse entre les maladies des voies respiratoires et la quantité d'ozone de l'air. Aussi, l'auteur s'est-il empressé de conclure qu'il n'y avait aucun rapport entre ces deux ordres de faits. Nous nous permettrons de trouver qu'il a été trop prompt à condamner; dans une question aussi délicate, une année de statistique ne peut pas décider, surtout si l'on ne s'occupe que des chiffres bruts, sans tenir compte des circonstances accessoires qui auraient pu les modifier.

Nous avons tâché de tenir compte de tous ces éléments dans notre propre statistique. Mais, avant d'aborder ce sujet, nous croyons nécessaire de donner quelques explications sur la manière dont nous avons recueilli nos chiffres.

En premier lieu, nous avons employé les registres d'entrées de l'hôpital civil de Strasbourg, pour opérer sur un grand nombre de malades. Ces registres contiennent les noms des malades entrés, avec le diagnostic de l'interne de garde; nous en avons extrait mois par mois et très-soigneusement les différentes affections, en les classant en huit catégories (voir ci-contre tabl. VI, VII).

Mais là nous rencontrons de graves objections: D'abord, nous dira-t-on, les malades n'entrent presque jamais au début de leur mal. Cela est vrai, mais, pour les affections aiguës, la différence n'est que de quelques jours et elle n'altère que fort peu les résultats de tout un mois.

Pour les maladies chroniques de poitrine, l'entrée est presque toujours motivée par une recrudescence du mal, c'est-à-dire par une nouvelle invasion. Si l'ozone peut produire une pneumonie chez un individu sain, il devra, *a fortiori*, être accusé des recrudescences chez les sujets souffrant de bronchite chronique, d'emphysème, de tubercules, etc. Quant au diagnostic, il est quelquefois un peu superficiel, nous le savons par expérience; mais on nous accordera sans peine que les quelques erreurs échappées à l'interne de garde ne portent guère sur les deux premières colonnes de nos tableaux et les autres ne nous occuperont pas, comme on le verra plus loin.

Un dernier reproche à faire à notre statistique d'hôpital, c'est que les affections légères n'y sont pas représentées; elle ne donne donc pas une image fidèle des maladies régnantes dans la ville.

Pour combler cette lacune, nous avons dressé un tableau des maladies de poitrine traitées par le docteur Th. Bœckel. Nous y avons fait entrer les pneumonies, pleurésies, bronchites et angines, à l'exclusion des phthisies, dont l'invasion est trop incertaine. De cette façon nous avons obtenu des chiffres peu considérables, à la vérité, mais d'une grande valeur, puisqu'ils ont été recueillies par une même personne sur un même nombre de malades à peu près.

Le tableau de mortalité (tabl. VII) ne peut pas être sujet à contestation; car il comprend tous les décès de la ville, tels qu'on les trouve consignés dans les registres de l'hôpital et dans ceux des médecins cantonnaux. Ces messieurs les ont mis à notre disposition avec une obligeance parfaite et nous les prions ici d'agréer tous nos remercîments.

Voilà les éléments de notre statistique. Dans les tableaux VI et VII, les données sont exprimées en chiffres; dans les tableaux VI *bis*, VII *bis*, VIII et IX, on en trouve un tracé graphique, qui a l'avantage de faire ressortir les variations mensuelles (voir les tableaux à la fin de ce travail).

VI. *Tableau statistique des malades entrés à l'hôpital civil de Strasbourg, avec indication de l'ozone et de la température.*

MOIS.	Pneumonies et Pleurésies.	Bronch. chron., Tubercules pulm.	Total des affections de poit r	Affect. inflam. aiguës autres que les précéd.	Fièvre typhoïde. Typhus.	Fièvres intermitt.	Malad. du tube digest. Cholériques.	Choléra.	Varia.	TOTAL GÉNÉRAL.	Moy. de l'ozone pour 24 heures.	Moyenne du thermomètre.	OBSERVATIONS.
1853.													
Avril	10	38	48	11	4	18	4	—	250	335	11,73	+8,16	
Mai	6	43	49	22	3	16	12	—	256	358	12,25	14,00	
Juin	7	34	41	13	4	19	14	—	258	349	10,60	18,45	
Juillet	0	28	28	7	7	25	27	—	237	331	10,50	21,80	
Août	2	33	35	4	10	28	16	—	236	329	10,50	20,41	
Septembre	5	18	23	6	6	28	15	—	207	285	8,30	15,05	
Octobre	1	27	28	10	7	11	12	—	204	272	6,44	10,25	
Novembre	4	33	37	6	10	13	7	—	263	336	2,13[1]	+3,40	[1] Brouillards intenses ayant régné pendant 23 jours de ce mois, et pendant 14 jours de décembre.
Décembre	2	33	35	10	15	8	9	—	254	331	5,67	—5,06	
TOTAL de 1853	37	287	324	89	66	166	116	—	2165	2926	78,12	106,46	
MOYENNE pour 1 mois	4,11	31,88	36,00	—	—	—	—	—	—	325,11	8,68	+11,82	
1854.													
Janvier	7	34	41	5	13	10	4	—	304	377	8,22	+0,02	
Février	8	45	53	17	7	9	7	—	287	380	11,85	—0,40	
Mars	15	56	71	13	7	18	3	—	277	389	6,83	+6,08	
Avril	20	40	60	7	7	31	18	—	283	406	8,95	11,12	
Mai	6	35	41	8	8	56	20	—	309	442	8,90	15,45	
Juin	3	45	48	8	11	41	18	—	301	427	8,46	17,38	
Juillet	5	29	34	7	8	34	34	52	334	503	4,93	21,00	
Août	3	34	37	4	7	29	44	125	211	457	2,32	19,40	
Septembre	5	30	35	6	6	52	31	83	233	446	4,90	15,91	
Octobre	6	43	49	8	7	36	25	13	293	431	5,80	10,38	
Novembre	12	50	62	11	8	30	15	1	286	413	7,03	2,32	
Décembre	15	35	50	9	18	24	13	—	329	443	8,45	+3,07	
TOTAL de 1854	105	476	581	103	107	370	232	274	3447	5114	89,64	122,13	
MOYENNE pour 1 mois	8,75	39,66	48,41	—	—	—	—	—	—	426,16	7,47	+10,14	
1855.													
Janvier	17	56	73	35[2]	10	20	10	—	312	460	7,64	—4,36	[2] Épidémie de variole.
Février	14	62	76	48[2]	19[3]	9	60	—	301	513	8,80	—2,50	[3] Épidémie de typhus des prisons.
Mars	15	58	73	33[2]	30[3]	23	21	—	306	486	10,09	+4,67	
Avril	11	50	61	56[2]	20[3]	28	20	—	289	474	5,96	9,34	
Mai	12	33	45	48[2]	32[3]	42	18	—	264	459	9,00	13,90	Du 1er janvier au 31 mai il est entré 122 varioleux.
Juin	9	39	48	15[2]	11[3]	57	17	3	307	458	7,40	19,14	
Juillet	7	31	38	11	7	44	32	5	318	455	5,66	20,18	
Août	1	23	24	10	8	27	28	30	250	377	4,00	21,51	
Septembre	9	30	39	7	11	27	21	18	226	349	3,28	15,83	
Octobre	3	17	20	6	8	20	19	1	268	342	5,22	12,35	
Novembre	6	45	51	5	8	10	10	—	256	340	4,07[4]	+2,60	[4] Brouillards pendant 22 jours du mois.
Décembre	9	50	59	12	5	10	14	1	244	345	9,14	—2,65	
TOTAL de 1855	113	494	607	286	169	317	270	58	3341	5058	80,26	112,01	
MOYENNE pour 1 mois	9,41	41,16	50,58	—	—	—	—	—	—	421,50	6,68	+9,33	
MOYENNE des deux années 1854 et 1855	9,08	40,41	49,49	—	—	—	—	—	—	423,83	7,07	+9,73	

VII. *Tableau statistique des décès de la ville de Strasbourg, avec indication de l'ozone et de la température.*

MOIS.	Pneumonies et Pleurésies.	Bronch., Croup, Tub. pulm., Coqueluche.	Total des maladies des voies respir.	Malad. infam. aiguës autres que les précéd.	Fièvre typhoïde, Typhus.	Malad. du tube digest. Cholériques	Choléra.	Varia.	TOTAL GÉNÉRAL	Moy. de l'ozone pour 24 heures.	Moyenne du thermomètre.
1853.											
Avril	23	50	73	30[1]	3	11	—	97	214	11,73	+8,16
Mai	22	48	70	45[1]	6	13	1	82	217	12,25	14,00
Juin	17	39	56	31	4	17	—	73	181	10,60	18,45
Juillet	10	30	40	17	1	17	—	103	178	10,50	21,80
Août	13	36	49	17	5	24	1	74	170	10,50	20,41
Septembre	12	40	52	9	8	14	—	70	153	8,30	15,05
Octobre	9	33	42	18[2]	8	13	—	79	160	6,44	10,25
Novembre	9	30	39	13	6	13	—	71	142	2,13[3]	3,40
Décembre	14	33	47	9	7	8	—	86	157	5,67	—5,06
TOTAL de 1853	129	339	468	189	48	130	2	735	1572	78,12	106,46
MOYENNE	14,33	37,66	52,00	21,00	5,33	14,44	—	81,66	174,66	8,68	+11,82
1854.											
Janvier	31	36	67	13	9	8	—	88	185	8,22	+0,02
Février	15	40	55	22	4	3	—	78	162	11,85	—0,40
Mars	24	59	83	18	5	11	—	101	218	6,83	+6,08
Avril	34	46	80	13	6	4	—	101	204	8,95	11,12
Mai	14	27	41	13	8	12	—	92	166	8,90	15,45
Juin	10	34	44	15	7	10	—	81	157	8,46	17,38
Juillet	4	32	36	8	5	20	56	89	214	4,93	21,00
Août	5	39	44	14	5	27	266	115	471	2,32	19,40
Septembre	4	26	30	16	6	42	194	90	378	4,90	15,91
Octobre	10	40	50	16	3	15	29	77	190	5,80	10,38
Novembre	9	28	37	20	9	5	2	61	134	7,03	2,32
Décembre	15	38	53	21	5	5	3	88	175	11,45	+3,07
TOTAL de 1854	175	445	620	189	72	162	550	1061	2654	89,64	122,13
MOYENNE	14,58	37,08	51,66	15,75	6,00	13,50	—	88,41	221,16[4]	7,47	+10,14
1855.											
Janvier	23	47	70	22[5]	8	8	—	89	197	7,64	—4,36
Février	19	48	67	14[5]	13	4	—	82	180	8,80	—2,50
Mars	21	38	59	29[5]	14	7	—	87	196	10,09	+4,67
Avril	25	44	69	23[5]	7	8	—	83	190	5,96	9,34
Mai	25	40	65	28[5]	12	1	—	83	189	9,00	13,90
Juin	15	23	38	23[5]	2	6	3	57	129	7,40	19,14
Juillet	8	24	32	21[5]	4	13	19	73	162	5,66	20,18
Août	6	18	24	31[5]	8	16	48	77	204	4,00	21,51
Septembre	11	35	46	16	9	10	37	64	182	3,28	15,83
Octobre	5	18	23	8	10	11	3	49	104	5,22	12,35
Novembre	8	24	32	10	6	4	—	50	102	4,07[6]	2,60
Décembre	25	34	59	17	3	9	—	64	152	9,14	—2,65
TOTAL de 1855	191	393	584	242	96	97	110	858	1987	80,26	112,01
MOYENNE	15,91	32,75	48,66	20,16	8,00	8,08	—	71,50	165,58	6,68	+9,33
MOYENNE des deux années 1854 et 1855	15,24	34,91	50,16	—	—	—	—	—	193,37[7]	7,07	+9,73

[1] Épidémie de rougeole.

[2] Épidémie de fièvre puerpérale à l'hôpital.

[3] Brouillards intenses ayant régné pendant 23 jours de ce mois, et pendant 14 jours du mois de décembre.

[4] Moyenne trop chargée à cause du choléra.

[5] Épidémie de variole.

[6] Brouillards pendant 22 jours du mois.

[7] Moyenne trop chargée à cause du choléra.

En jetant un coup d'œil sur les tableaux graphiques, on voit que les courbes de l'ozone et des affections de poitrine ne se correspondent pas toujours très-exactement. Souvent l'une monte, pendant que l'autre descend. On serait alors tenté de se rallier à l'opinion de M. Schiffer-decker, qui n'accorde à l'ozone aucune influence sur le développement des maladies de poitrine.

Mais, en examinant les choses plus à fond, on arrive à d'autres conclusions. En effet, il ne s'agit pas uniquement de savoir si le nombre des affections pulmonaires augmente ou diminue en même temps que la quantité d'ozone ; il faut considérer surtout si, chaque fois que l'ozone reste à sa moyenne, les affections pulmonaires restent à la leur ; si, en même temps que l'ozone dépasse sa moyenne ou reste au-dessous, les maladies de poitrine dépassent la leur d'une quantité proportionnelle ou restent au-dessous. Enfin, il fallait aussi faire entrer en ligne de compte la température, les variations brusques de température, l'humidité, les vents, etc., toutes choses qui exercent une grande influence sur la production des affections des voies respiratoires.

Pour satisfaire à ces indications, nous avons construit le tableau X, qui contient en grande partie les mêmes chiffres que les précédents, mais sous une autre forme. Nous y avons réuni tout ce qui est relatif aux affections pulmonaires, en y ajoutant l'ozone, la température et quelques observations sur les principaux phénomènes météorologiques du mois, d'après les bulletins du docteur Th. Bœckel. Mais, au lieu d'y mettre les chiffres bruts des tableaux VI et VII, nous avons calculé pour chaque mois la différence entre ces chiffres et la moyenne annuelle, et nous avons fait précéder cette différence du signe + ou —, selon qu'elle était au-dessus ou au-dessous de la moyenne. Le zéro est donc égal à la moyenne. Pour la température nous n'avons pas procédé de la même manière, de peur d'amener de la confusion. Le zéro de la colonne de température correspond au zéro du thermomètre.

En parcourant ce tableau avec attention, on se convainc bientôt que le nombre des maladies pulmonaires et des décès par ces maladies est *à la fois* en rapport direct avec l'ozone et en rapport inverse avec la température.

X.

Nota. Dans la colonne de température le zéro correspond au zéro du thermomètre; dans les autres colonnes il correspond à la moyenne indiquée au haut.

MOIS.	Ozone.	Malad. de poitrine. Th. Boeckel.	Malad. de poitrine entrés à l'hôpital.	Décès par maladies de poitrine.	Décès par pneumonies et pleurésie.	Température.	OBSERVATIONS.
1853.							
Moyennes.	=8,6	=22	=36	=52	=14		
Avril.	+3,1	+20	+12	+21	+9	+8,16	
Mai	+3,4	+7	+13	+18	+8	14,00	Vents de nord-est. Élévation moyenne du baromètre. Pas de sécheresse extraordinaire.
Juin.	+2,1	—7	+5	+4	+3	18,45	
Juillet	+1,9	—10	—8	—12	—4	21,80	
Août.	+1,8	—12	—1	—3	—1	20,41	
Septembre. .	—0,3	—2	—13	0	—2	15,05	
Octobre . . .	—2,1	—1	—8	—18	—5	10,25	
Novembre. .	—6,5	—1	+1	—13	—5	+3,40	23 jours brouillards intenses.
Décembre . .	—3,1	+4	—1	—5	0	—5,06	14 jours brouillards, 10 jours neige.
1854.							
Moyennes.	=7,4	=21,7	=48,4	=51,6	=14,6		
Janvier . . .	+0,7	+5	—7	+16	+18	+0,02	10 jours brouillards, 2 jours neige.
Février . . .	+4,3	+20	+5	+4	+1	—0,40	14 jours neige, 3 jours brouillards.
Mars.	—0,7	+16	+23	+32	+10	+6,08	Barom. très-élevé. Sécheresse. Vents de nord-est.
Avril.	+1,5	0	+12	+29	+20	11,12	Id. id. id. id. Ourag.
Mai	+1,4	—6	—7	—10	0	15,45	
Juin.	+1,0	—9	0	—7	—4	17,38	
Juillet. . . .	—2,4	—11	—14	—15	—10	21,00	
Août.	—5,1	—13	—11	—7	—9	19,40	
Septembre. .	—2,5	—5	—13	—21	—10	15,91	
Octobre . . .	—1,7	—11	+1	—1	—4	10,38	
Novembre. .	—0,4	+1	+14	—14	—5	+2,32	6 jours neige.
Décembre . .	+4,0	+21	+2	+2	+1	+3,07	7 jours neige.
1855.							
Moyennes.	=6,7	=28,6	=50,6	=48,6	=16		
Janvier . . .	+1,0	+23	+23	+22	+7	—4,36	10 jours neige et 14 jours brouillards.
Février . . .	+2,0	+7	+28	+19	+3	—2,50	17 j. neige, 8 j. brouill. Barom. très-bas.
Mars.	+3,3	+6	+23	+11	+5	+4,67	7 jours neige. Baromètre bas.
Avril.	—0,8	+20	+11	+21	+9	9,34	Vents viol. de N.-E. Gr variat. de tempér. Sécheresse. Barom. élevé.
Mai	+2,3	+10	—5	+17	+9	13,90	
Juin.	+0,7	—10	—2	—10	—1	19,14	
Juillet. . . .	—1,1	—17	—12	—16	—8	20,18	
Août.	—2,7	—11	—26	—24	—10	21,51	
Septembre. .	—3,5	—18	—11	—2	—5	15,83	
Octobre . . .	—1,6	—8	—30	—25	—11	12,35	
Novembre. .	—2,7	—7	+1	—16	—8	+2,60	22 jours brouillards.
Décembre . .	+2,8	+13	+9	+11	+9	—2,65	12 j. neige, 13 j. brouill., très-humide.

Lorsqu'il y a beaucoup d'ozone dans l'air et qu'en même temps la température est basse, le chiffre des affections pulmonaires est très-élevé et les décès, par cette cause, sont nombreux.

Ex. : Février 1854. — Février, mars, décembre 1855.

Lorsqu'il y a peu d'ozone dans l'air et qu'en même temps la température est élevée, le nombre des maladies de poitrine et des décès descend au plus bas.

Ex. : Septembre 1853. — Juillet, août, septembre 1854 et 1855.

Lorsqu'il y a beaucoup d'ozone dans l'air et que la température est élevée, le nombre des maladies des voies respiratoires ne s'éloigne pas beaucoup de la moyenne, mais la mortalité la dépasse souvent.

Ex. : Juin, juillet 1853. — Mai 1855.

Lorsqu'il y a peu d'ozone dans l'air, mais que la température est basse, le nombre des maladies pulmonaires est près de la moyenne, souvent au-dessous, et le nombre de décès est beaucoup au-dessous de la moyenne.

Ex. : Novembre, décembre 1853. — Novembre 1855.

Du reste, un nombre très-élevé de maladies et de décès par affections de poitrine est produit par les vents violents de nord-est qui régnent quelquefois en mars ou en avril. Ces vents froids soufflent par un ciel serein, desséchent fortement l'air, maintiennent le baromètre très-élevé et l'ozonomètre assez bas. Ils causent probablement les affections des voies respiratoires par leur sécheresse et les changements brusques de température auxquels ils nous exposent.

Ex. Mars, avril 1854. —Avril 1855.

En présence des expériences faites sur les animaux, des observations de M. Clemens et des résultats de notre statistique, nous croyons pouvoir conclure que, parmi les causes externes produisant des affections pulmonaires, l'ozone joue le rôle principal dans notre climat. Celui de la température n'est que secondaire. Mais certains vents de nord-est, que nous avons décrits plus haut, sont plus pernicieux encore que l'ozone.

Les applications de ces principes à la thérapeutique peuvent se résumer en quelques mots : les individus dont la muqueuse respiratoire est très-susceptible (asthme, bronchite chronique, emphysème, tubercules pulmonaires), devront se préserver d'un excès d'ozone; au besoin on pourra même les faire vivre dans un air complétement privé d'ozone (étable), jusqu'à l'extinction de la prédisposition morbide; d'ailleurs les anciens, avec leur instinct médical, prescrivaient déjà ce genre de vie.

CHAPITRE VIII.

CHOLÉRA.

Lorsqu'en 1854 le choléra éclata à Strasbourg, le docteur Bœckel fut frappé du manque presque absolu d'ozone atmosphérique pendant les premiers temps de l'épidémie. En 1855, la même coïncidence se reproduisit. Il émit alors (*loc. cit.*) l'hypothèse que l'invasion de cette terrible maladie était en relation intime avec la disparition de l'ozone.

Quelques mois plus tard, le docteur Conraux, de Thann, publia la notice suivante dans le journal de cette ville (*Feuille d'annonces de Thann et Cernay*, 28 janvier 1855) :

« Pendant le mois de décembre et la première quinzaine de janvier, l'ozonoscope a constamment indiqué zéro. Il y a donc eu constamment absence d'ozone dans l'air. Ainsi que nous avons déjà été dans le cas de le déclarer, c'est précisément à la même époque qu'a eu lieu chez nous la période ascendante de l'épidémie. Cependant, dans la nuit du 14 au 15 janvier, l'ozone a reparu et à partir de là, aucun nouveau cas de choléra n'a plus été constaté jusqu'à la journée du 20. Mais dans la nuit du 18 au 19, l'ozone a de nouveau disparu, car l'ozonomètre marquait de nouveau zéro ; aussi, c'est avec cette date que coïncide la recrudescence cholérique. Nous avions fondé des espérances sur le fait de la réapparition de l'ozone, persuadé que cet état se maintiendrait; nous avons été trompé dans notre attente : l'ozonoscope continue à indiquer

l'absence complète d'ozone et journellement on nous signale de nouveaux cas de choléra; heureusement ils sont isolés.

« Le défaut d'oxygène électrisé est-il pour quelque chose dans l'apparition, dans l'aggravation ou dans la diminution du choléra? Nous n'oserions l'affirmer; mais la coïncidence que nous venons de signaler est digne de remarque; l'avenir prononcera.

« Autre observation : à trois kilomètres de notre ville, dans une ferme située entre Leimbach et Rodern, notre confrère, M. Mairel, a constaté la présence de l'ozone au moment où il faisait complétement défaut à Thann. Eh bien! Rodern et Leimbach ont été épargnés jusqu'à ce jour. Dans une autre localité, à Bitschwiller, également éloignée de trois kilomètres, nous avons, à la même époque, remarqué et nous constatons encore journellement la présence de l'ozone; aussi voyons-nous dans cette commune peu d'accidents cholériques; ce sont, au contraire, des affections inflammatoires franches, telles que la pneumonie, que nous sommes appelé à y traiter.

« Pourquoi l'ozone existe-t-il à trois kilomètres de chez nous, tandis que ce gaz fait défaut à Thann? Quelles sont les circonstances ou les causes de localité qui peuvent influer sur la présence de l'ozone dans l'air? C'est là un mystère que l'avenir et la science qui marche toujours ne manqueront pas de nous dévoiler.

« Des expériences comparatives faites en même temps que les nôtres par M. Kosmann, pharmacien, ont produit constamment les mêmes résultats. »

Voilà tout ce que nous avons pu apprendre de l'épidémie qui a sévi à Thann pendant plus d'une année consécutive; il est à regretter que M. Conraux n'ait pas publié des documents plus complets à cet égard.

Depuis cette époque, nous avons eu l'occasion de consulter la statistique officielle de tous les cas de choléra qui ont éclaté à Strasbourg en 1854. Nous en avons extrait le tableau XI et nous y avons ajouté les indications de l'ozonomètre.

XI. *Ozone et choléra à Strasbourg en 1854.*

DATE.	NOMBRE de CAS.	NOMBRE de DÉCÈS.	MOYENNE de L'OZONE pour 24 heures.
Du 10 au 20 juillet	6	3	5,4
Du 21 au 31 »	148	44	2,1
Du 1er au 10 août	284	86	2,8
Du 11 au 20 »	171	74	2,6
Du 21 au 31 »	160	67	1,83
Du 1er au 10 septembre	191	100	6,6
Du 11 au 20 »	108	39	4,0
Du 21 au 30 »	35	29	4,1
Du 1er au 10 octobre	16	9	3,5
Du 11 au 20 »	15	9	6,7
Du 21 au 31 »	4	2	7,17
De 1er au 10 novembre	2	2	5,0
TOTAL	1140	464	

Le nombre de décès par choléra, indiqué ici d'après les relevés de la mairie, diffère notablement des chiffres du tableau VII. Probablement que cela tient aux cholérines qui ont été compris dans l'un des relevés et pas dans l'autre.

On peut voir que le choléra et l'ozonomètre n'ont dans leur marche aucun rapport constant. Le minimum d'ozone ne coïncide pas avec le maximum du choléra, et ce dernier ne diminue pas en raison de l'augmentation de l'ozone.

La petite épidémie de choléra, observée au village de Neudorf par le docteur ROBERT (*Gaz. méd. de Strasb.*, nov. 1855), serait au contraire assez favorable à l'opinion que le choléra est dû à une absence d'ozone. Nous en avons d'ailleurs déjà parlé à propos du tableau V.

A la fin de 1855 et au commencement de cette année, il a paru en Allemagne un certain nombre de mémoires traitant du choléra et de ses rapports avec l'ozone ; et ils sont tous défavorables à l'hypothèse dont nous avons parlé au commencement de ce chapitre. A Munich (PETTENKOFER, *Ueber die Cholera*, 1855), à Königsberg (SCHIFFERD.,

loc. cit.), à Vienne, à Cracovie, à Szegedin en Hongrie, à Senftenberg en Bohème, à Kremsmünster dans l'archiduché d'Autriche (pour toutes ces villes voy. l'article du docteur HALLER, dans le *Journal de la Société de médecine de Vienne*, 1855; VII et VIII, p. 459); nulle part l'ozone n'est descendu au-dessous de son minimum d'été habituel pendant l'épidémie du choléra. Et dans la plupart de ces villes on fait des observations ozonométriques depuis plusieurs années, de sorte qu'on a pu comparer l'année 1854 aux précédentes.

Il faut donc renoncer une fois de plus à expliquer l'apparition du choléra ; tout ce qu'on peut dire, c'est que l'épidémie éclate d'ordinaire au moment des fortes chaleurs et du minimum d'ozone.

CHAPITRE IX.

MALADIES DIVERSES.

Nous aurions encore à parler ici des rapports de l'ozone avec les maladies autres que le choléra et les affections pulmonaires.

Mais il nous manque pour cela des documents satisfaisants; nous allons cependant tirer quelques déductions de ceux que nous avons pu rassembler. Si elles ne suffisent pas pour entraîner la conviction, elles peuvent au moins diriger dans de nouvelles recherches.

A en croire le relevé mensuel des *affections rhumatismales* traitées par le docteur TH. BŒCKEL, il paraîtrait que le nombre de ces affections est en rapport direct avec la quantité d'ozone. Mais les chiffres sur lesquels nous nous basons sont trop faibles pour être publiés.

De différents côtés on a émis l'idée que le nombre des *maladies du tube digestif* devait être d'autant plus considérable que la quantité d'ozone était plus faible. Les chiffres que nous avons donnés à cet égard ne peuvent pas servir, parce qu'ils proviennent de deux années de choléra, pendant lesquelles le nombre des maladies gastriques a été beaucoup plus grand que de coutume.

Pour les *fièvres intermittentes*, nous n'avons pas non plus de données valables; car les fiévreux entrés à l'hôpital proviennent en bonne partie de la colonie d'Ostwald. Or, les colons n'entrent jamais au début de leur mal; ils sont d'abord traités à domicile. Du reste, il n'est pas probable que le miasme paludéen soit influencé par l'ozone; car à Strasbourg on a vu les fièvres intermittentes régner avec beaucoup d'intensité pendant les mois de mars, avril et mai 1854, dont la moyenne ozonométrique est cependant assez élevée.

Les fièvres typhoïdes se reproduisent chez nous d'une façon assez uniforme pendant toute l'année; en tout cas, leur maximum paraît plutôt tomber sur les mois d'hiver (voy. tabl. VI et VII) que sur toute autre saison. Il faut donc admettre que l'ozone ne modifie pas la marche de cette maladie.

Quant aux affections franchement contagieuses, comme la *variole*, la *rougeole*, la *scarlatine*, le *typhus*, elles apparaissent, progressent, diminuent, sans que l'influence de l'ozone puisse être invoquée (voy. obs. des tabl. VI et VII). Pour toutes ces maladies, les tableaux de M. Schifferdecker conduisent d'ailleurs aux mêmes résultats que les nôtres.

La courbe de la mortalité générale (voy. tabl. VII et VII *bis*) est trop irrégulière pour qu'on puisse en inférer quelque chose sur ses rapports avec l'ozone. Il faudrait les observations d'une longue série d'années pour établir le rapport véritable des deux courbes.

CONCLUSIONS.

I. L'influence de l'ozone sur la production et l'aggravation des affections pulmonaires nous paraît hors de doute.

II. Les rapports de l'ozone avec les maladies gastriques et rhumatismales sont encore obscurs; mais ils méritent d'être l'objet de nouvelles recherches.

III. La fièvre intermittente, la fièvre typhoïde, le typhus, les exanthèmes fébriles, n'ont aucune relation avec l'ozone.

IV. Le choléra débute ordinairement vers l'époque du minimum d'ozone et du maximum de température; mais la marche de cette maladie ne paraît pas être influencée par l'ozone.

Bon à imprimer,

Strasbourg, le 3 mai 1856.

Le président de la thèse, CAILLIOT.

Permis d'imprimer,

Strasbourg, le 5 mai 1856.

Le Recteur : DELCASSO.

QUESTIONS

POSÉES PAR LA FACULTÉ ET TIRÉES AU SORT, EN VERTU DE L'ARRÊTÉ DU CONSEIL DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE DU 22 MARS 1842.

Anatomie. — Quelle est la disposition des plans musculeux qui entrent dans la composition du cœur?

Anatomie pathologique. — Du bec de lièvre double avec fente de la voûte palatine.

Physiologie. — Influence du nerf trifacial sur la gustation.

Physique. — Déterminer l'influence des pressions atmosphériques sur la distribution normale ou anormale des différents fluides de l'économie animale.

Médecine légale. — La défloration a-t-elle été opérée? est-elle récente ou ancienne?

Accouchements. — Quels sont les signes auxquels on reconnaît la grossesse extra-utérine en général?

Histoire naturelle médicale. — Quelle est la nature chimique des raphides?

Chimie. — Quelle est l'action du phosphore sur l'économie animale? Comment peut-on découvrir la présence du phosphore dans les matières contenues dans le tube digestif?

Pathologie et clinique externes. — Comment la vie est-elle suspendue et abolie dans la gangrène humide?

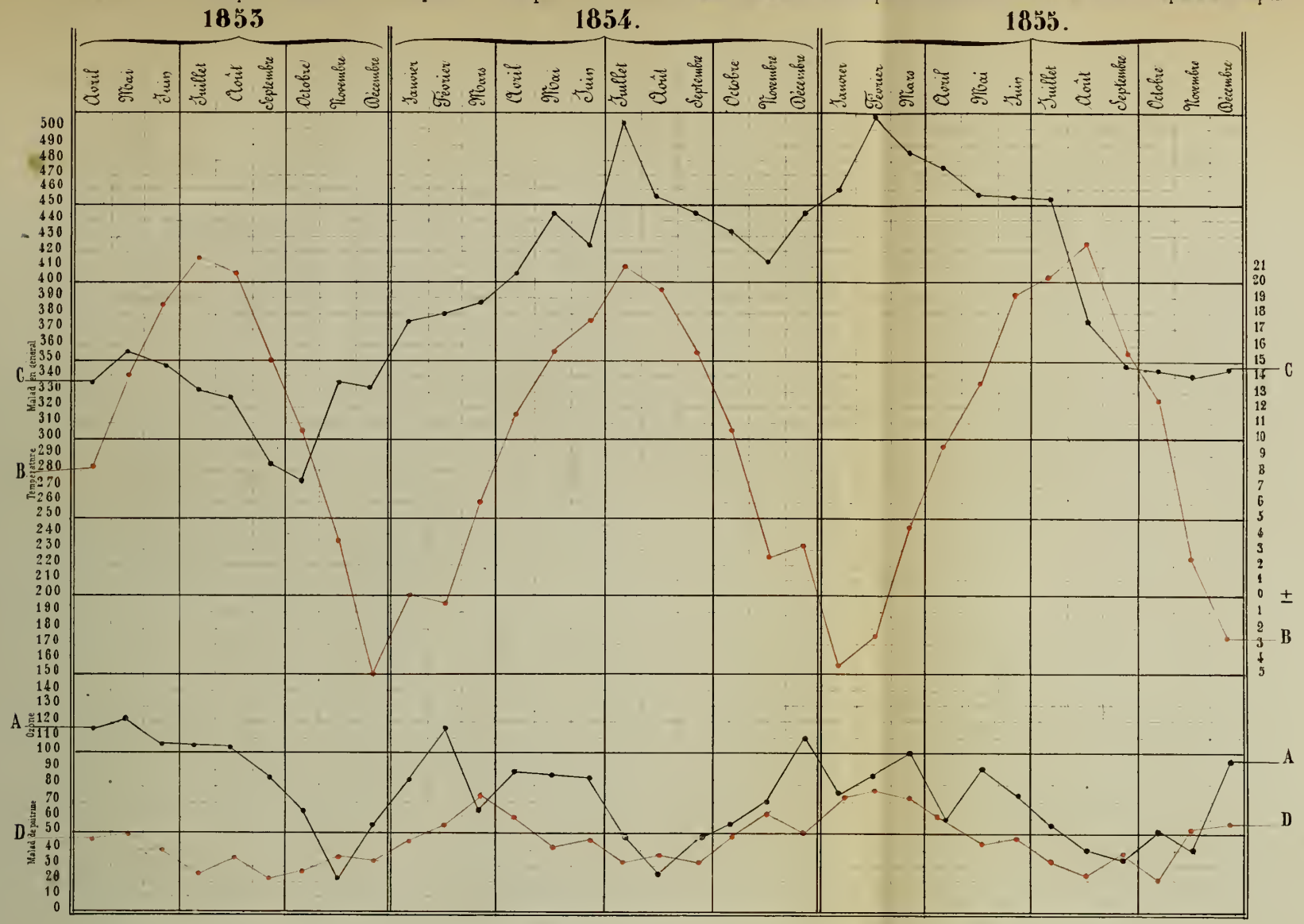
Pathologie et clinique internes. — Définir la maladie, indiquer ses éléments constitutifs.

Médecine opératoire. — Décrire les procédés proposés et employés pour l'extirpation de l'œil.

Matière médicale et pharmacie. — Quels sont les médicaments qui modifient la composition du sang ?

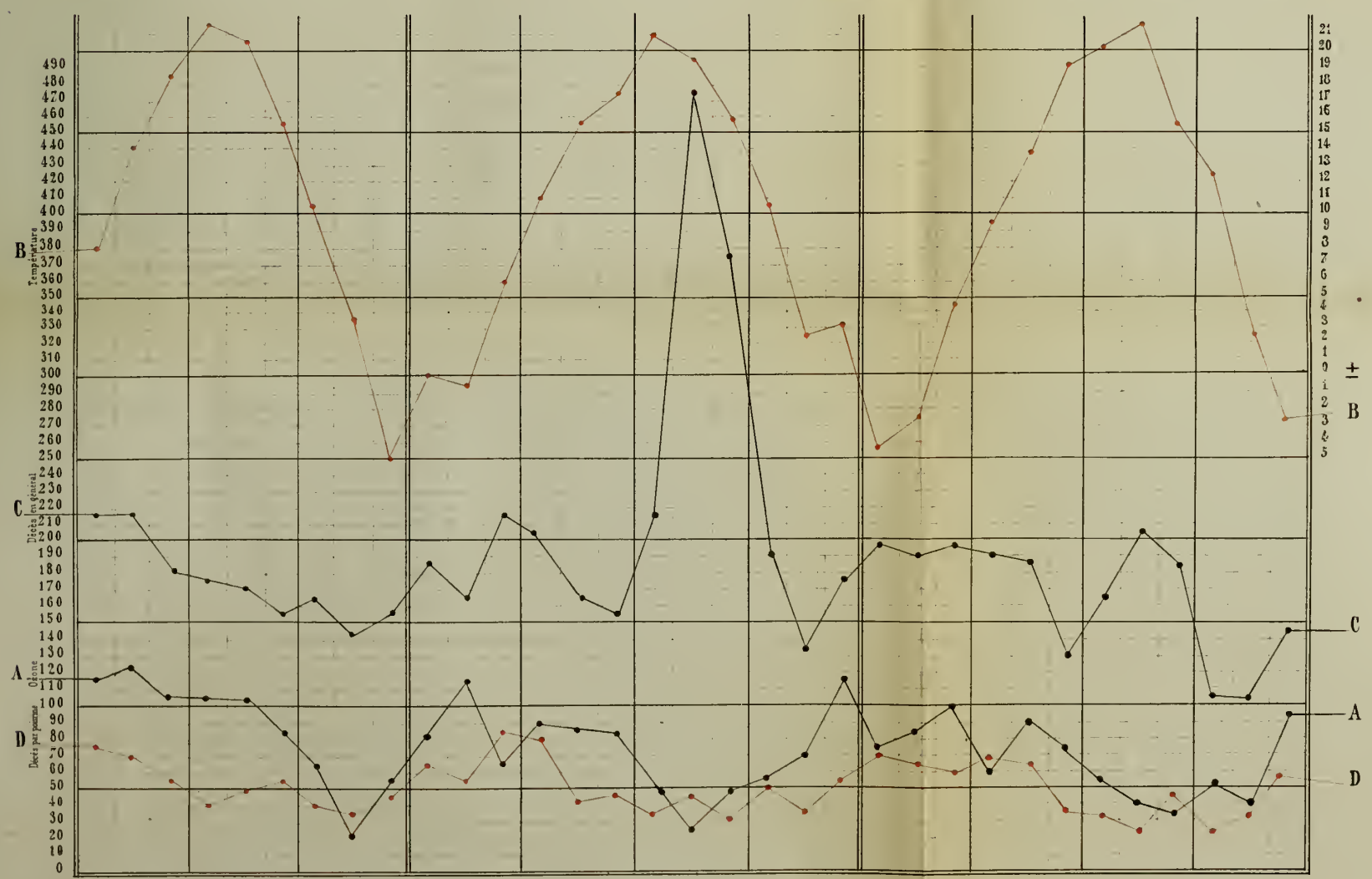
VI.bis TABLEAU COMPARATIF DE L'OZONE, DE LA TEMPERATURE ET DES MALADIES OBSERVÉES A L'HOPITAL CIVIL DE STRASBOURG.

Courbe **A**. Ozone de 24 h indiqué en dixièmes Courbe **B**. Température Le 0 correspond au N° 200. Courbe **C**. Somme des malades entrés à l'hopital sans distinction de maladie. Courbe **D**. Affections de poitrine entrés à l'hopital.



VII.bis TABLEAU COMPARATIF DE L'OZONE, DE LA TEMPERATURE ET DES DECÈS DE LA VILLE DE STRASBOURG.

Courbe **A**. Ozone p.r 24 h indiqué en dizièmes. Courbe **B**. Température. Le 0 correspond au N.° 300. Courbe **C**. Decès en général. Courbe **D**. Decès par maladies de poitrine.



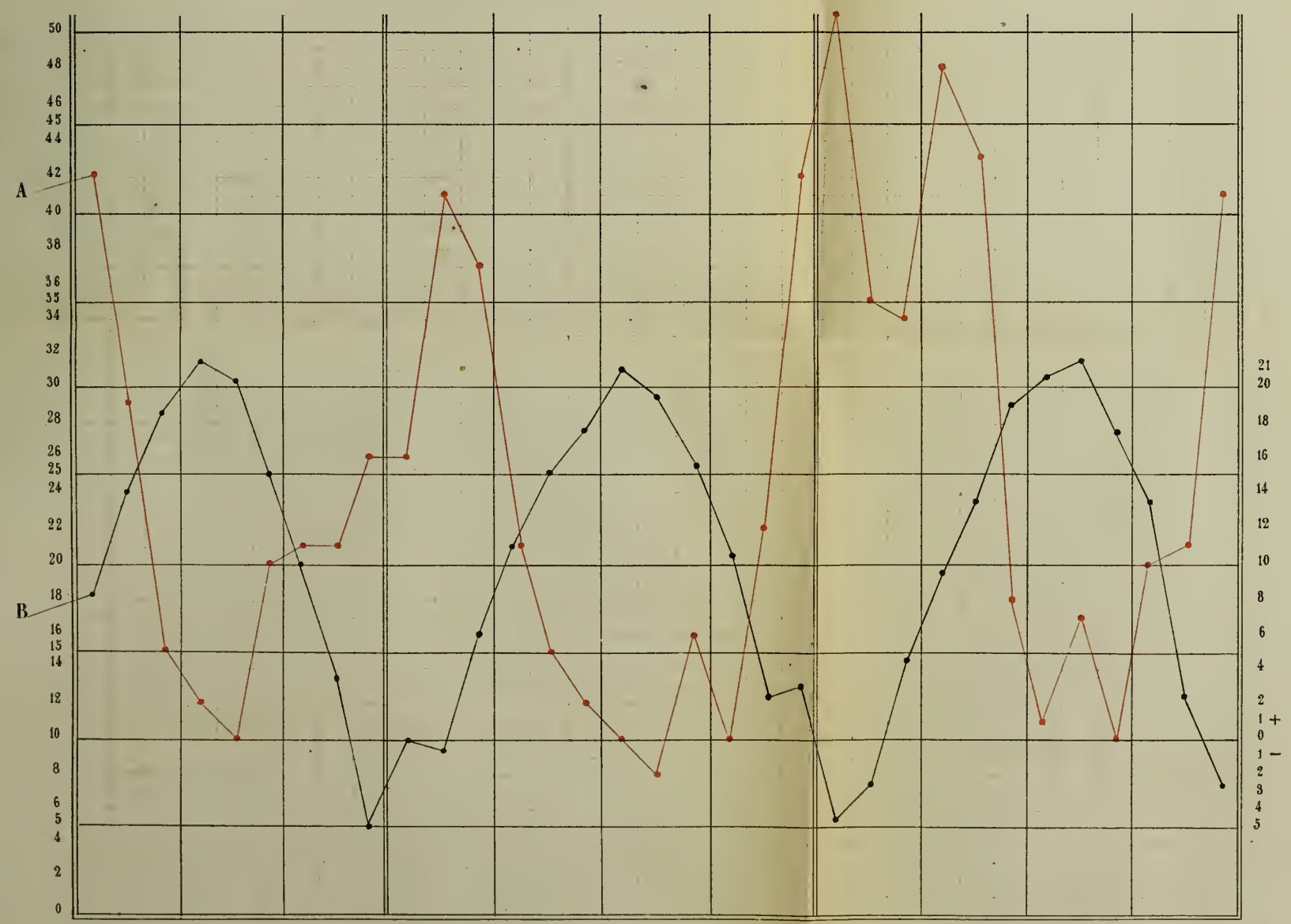
Lith. C. Fasoli et Ohlman à Strasbg.

VIII. TABLEAU COMPARATIF DE L'OZONE ET DES DECÈS PAR PNEUMONIES ET PLEURESIES

Courbe **A**. Ozone. Courbe **B**. Decès par pneum. et pleur.

IX. TABLEAU COMPARATIF DE LA TEMPERATURE ET DES MALADIES DE POITRINE (non compris la phtysie) traitées par le Doct. TH. BOECKEL.

p.r l'Ozone voir plus haut. Courbe **A**. Malad. de poitrine. Courbe **B**. Température.



Lith. C. Fasch & Ohlman, Strasb.